

گزارش بررسی بازار

بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)

حوزه صنعت: صنایع تولیدکننده و مصرف‌کننده MOFs

حوزه جغرافیایی: جهان

کارفرما:



رأست جمهوری
ساده‌یره توسعه فناوری نانو

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

مشاور:



توسعه بازار سام

كد گزارش: ۵۴۲-۱۰۴

ویرایش چهارم

آذر ماه ۱۴۰۰

فهرست گزارش

بخش اول - بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی	۴
۱. معرفی	۴
۲. بررسی بازار جهانی	۵
۳. بررسی شرکت‌های تولیدکننده مستقیم چهارچوب‌های فلز-آلی و محصولات وابسته	۷
۱.۳. شرکت BASF	۷
۲.۳. شرکت Mof Technologies	۸
۳.۳. شرکت Promethean Particles	۹
۴.۳. شرکت Immaterial labs	۱۰
۵.۳. شرکت Porous Liquid Technologies	۱۰
۶.۳. شرکت MOFgen	۱۱
۷.۳. شرکت MOFapps	۱۱
۸.۳. شرکت Tarsis Technologys	۱۲
۹.۳. شرکت ProfMOF	۱۲
۱۰.۳. شرکت Johnson Matthey	۱۲
۱۱.۳. شرکت Atomis	۱۳
۱۲.۳. شرکت Fuji Pigment	۱۳
۱۳.۳. شرکت NuMat Technologies	۱۳
۱۴.۳. شرکت farmergy	۱۴
۱۵.۳. شرکت Mosaic Materials	۱۵
۱۶.۳. شرکت Coordination Pharmaceuticals	۱۶
۱۷.۳. شرکت RiMO Therapeutics	۱۶
۱۸.۳. شرکت Matrix Sensors	۱۶
۱۹.۳. شرکت Inmondo Tech	۱۶
۲۰.۳. شرکت Water Harvesting	۱۷
۲۱.۳. شرکت Mpower Innovations Inc	۱۷
۲۲.۳. شرکت Nanoshel	۱۷
۲۳.۳. شرکت EnergyX	۲۱
۲۴.۳. شرکت PanaceaNano	۲۲
۲۵.۳. شرکت Strem Chemicals	۲۳
۲۶.۳. شرکت Lantha Sensors	۲۵
۲۷.۳. شرکت Zoramat Solutions	۲۶
۲۸.۳. شرکت Tokyo Chemical Industry	۲۷
۲۹.۳. شرکت TOTAL S.A	۲۷
۳۰.۳. شرکت SiKEMIA	۲۸
۳۱.۳. شرکت Nano Research Elements	۲۸
۳۲.۳. شرکت Merck	۲۹
۳۳.۳. شرکت Bosch	۲۹
۳۴.۳. شرکت Samsung Electronics	۳۰
۳۵.۳. شرکت Chemsoon	۳۰
۳۶.۳. شرکت NovoMOF AG	۳۶
۳۷.۳. شرکت Green Science Alliance	۳۷
۳۸.۳. شرکت SyncMOF	۳۷

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 ریاست جمهوری سازمان توسعه و فناوری نانو
فهرست گزارش		

۳۸.....	۳۹.۳. شرکت Taiyo Nippon Sanso
۳۸.....	۴۰.۳. MOFWORX
۳۸.....	۴۱.۳. شرکت ACSYNAM
۳۸.....	۴۲.۳. شرکت Decco
۳۹.....	۴. جمع‌بندی
۴۵.....	بخش دوم - بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از رطوبت هوا
۴۵.....	۱. معرفی
۴۷.....	۲. بررسی بازار جهانی
۴۹.....	۳. بررسی بازار ایران
۵۴.....	۳. جمع‌بندی
۵۶.....	۴. پیشنهادات
۵۷.....	مستندات پیوست
۵۷.....	پیوست ۱- جدول شرکت‌ها و محصولات آن‌ها
۷۴.....	پیوست ۲- جدول MOFهای مورد استفاده برای جذب آب
۷۵.....	پیوست ۳- جدول MOFهای مورد بررسی در این گزارش

بخش اول

بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی

۱. معرفی

چارچوب‌های فلز-آلی نوع جدیدی از مواد بلورین با تخلخل و مساحت سطح بسیار زیاد هستند. این چارچوب‌ها که در دسته پلیمرهای کوئوردیناسی متخلخل (PCPS)^۱ قرار می‌گیرند. از اتصال یون‌های فلزی (گره)^۲ به لیگاندهای آلی (اتصال‌دهنده)^۳ توسط پیوند کوئوردیناسیونی، حاصل می‌شوند. یون‌های فلزی معمولاً فلزهای واسطه و یا لانتانیدها هستند؛ که فلزات واسطه به علت ماهیت پیش‌بینی‌پذیر بودن هندسه کوئوردیناسیونی بیش از لانتانیدها مورد توجه‌اند. این فلزات معمولاً به‌صورت نمک هالید، نیترات، استات، پرکلرات، هگزا فلورو فسفات و ... استفاده می‌شوند. گرچه ماهیت نمک فلز انتخابی اهمیت دارد، تفاوت اصلی پلیمرهای کوئوردیناسی در تغییرپذیری و تنوع نامحدود لیگاندهاست. لیگاندها می‌توانند خنثی یا دارای بار منفی، کایرال یا غیرکایرال، متقارن یا نامتقارن باشند و برای اتصال، می‌بایست حداقل دارای دو اتم دهنده باشند.

واژه چارچوب‌های فلز-آلی، اولین بار توسط عمر یاقی^۴ در سال ۱۹۹۵ در مورد ترکیب کوئوردیناسیونی مطرح شد. رشد شبکه پلیمرهای کوئوردیناسیونی می‌تواند در یک، دو و یا سه بعد صورت پذیرد که به ترتیب آنها را شبکه‌های تک بعدی، دو بعدی و سه بعدی می‌نامند. پلیمرهای کوئوردیناسیونی سه بعدی متخلخل، به چارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)^۵ معروف‌اند. ویژگی‌های منحصر به فرد این ساختارها، سبب شده تا در زمینه‌های گوناگونی از جمله به عنوان کاتالیزور، حسگر، جاذب گاز و همینطور در ذخیره‌سازی انرژی و انواع گازها، دارو رسانی، جداسازی ترکیبات و لوپینسانس کاربرد داشته باشند. برخی از این ویژگی‌ها شامل موارد زیر است.

^۱ Coordination Polymers Porous

^۲ Node

^۳ Linker

^۴ Omar Yaghi

^۵ Metal Organic Frameworks

- مساحت سطح این ترکیبات زیاد بوده و در مقایسه با زئولیت‌ها ($500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) و کربن فعال ($2600 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)، حدود $6000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ است. چگالی کم و مساحت سطح زیاد این ترکیبات، آن‌ها را برای تکنولوژی ذخیره انرژی و تولید ساختارهای از مواد با وزن مولکولی کم، مناسب ساخته است.
- حفرات کاملاً منظم و یکنواخت که از تکرار واحدهای یکسان به وجود آمده‌اند، از دیگر مزایای این ساختارهاست، که موجب افزایش گزینش‌پذیری این ترکیبات در مقایسه با زئولیت‌ها و مواد کربنی، شده است.
- تنوع در انتخاب لیگاند و یون فلزی و حتی مولکول‌های مهمان، سبب می‌شود، به خواص فیزیکی و شیمیایی و اندازه حفره متفاوت دست یافت. انعطاف‌پذیری این ساختارها بگونه‌ای است که با مولکول‌های مهمان منطبق می‌شوند.
- مزیت دیگر، شرایط سنتز آن‌هاست. این مواد به طور معمول در دمای اتاق تا 240°C درجه سانتی‌گراد، فشار صفر تا 20 atm و pH های متفاوت تهیه می‌شوند.

۲. بررسی بازار جهانی

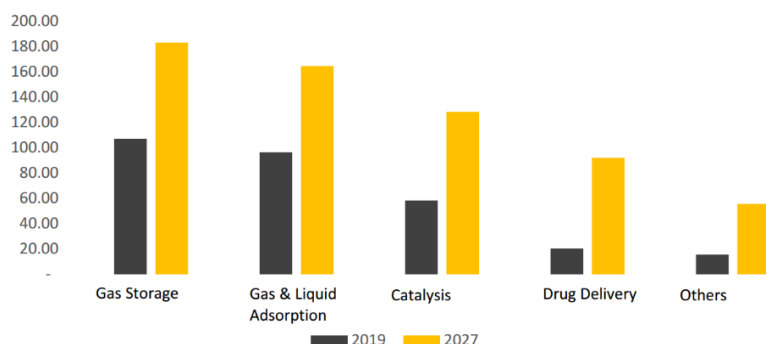
طبق تحقیقات منتشر شده در سپتامبر ۲۰۲۰ با عنوان بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی^۱ در سایت BCC Research، اندازه بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs) از ۱۲۴ میلیون دلار در سال ۲۰۲۰، با نرخ رشد ۳۶/۱ درصد به ۵۷۸ میلیون دلار در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. MarketResearch در آگوست ۲۰۲۰ گزارشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل و روند رشد صنعت چهارچوب‌های فلز-آلی"^۲ منتشر نمود. در این گزارش بیان شده است شیوع ویروس کرونا در دسامبر ۲۰۱۹، از طریق تأثیر مستقیم بر تولید و تقاضا، ایجاد زنجیره تامین و اختلال در بازار و تحمیل فشار اقتصادی بر شرکت‌ها و بازارهای مالی، بر اقتصاد جهانی تأثیر گذاشته است و بنابراین در سال ۲۰۲۰ اکثر صنایع و بخصوص صنعت چهارچوب‌های فلز-آلی تحت تأثیر قرار گرفت. در سال ۲۰۱۹ اندازه بازار چهارچوب‌های فلز-آلی حدود ۱۴۹ میلیون دلار بوده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۶ با نرخ رشد ۲۶/۵ درصد به حدود ۸۳۸ میلیون دلار برسد.

به طور کلی کاربردهای اصلی شامل ذخیره گاز، جذب گازها و مایعات، کاتالیزور، دارورسانی و ... است. در نمودار زیر ارزش بازار چهارچوب‌های فلز-آلی به تفکیک کاربرد در سال ۲۰۱۹ و پیش‌بینی آن در سال ۲۰۲۷ (بر اساس گزارش verifiedmarketresearch در سال ۲۰۲۱)^۳ نشان داده شده است.

¹ Metal-organic Frameworks: Global Markets

² Global Metal-organic Frameworks (MOF) Industry Research Report, Growth Trends and Competitive Analysis 2020-2026

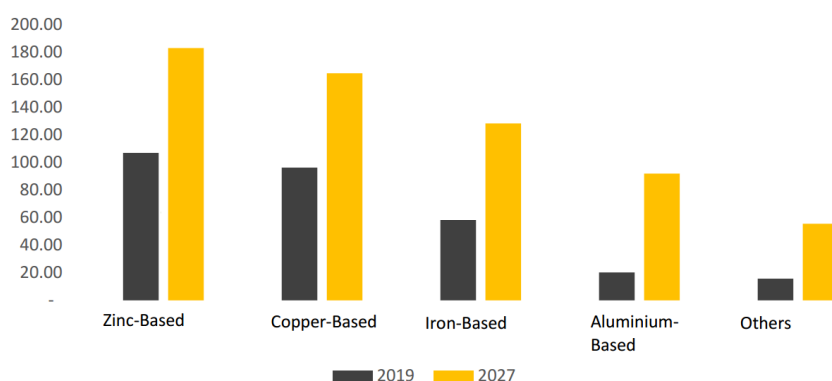
³ Metal-Organic Framework Market Size And Forecast



نمودار ۱- ارزش بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی (بر حسب میلیون دلار) به تفکیک کاربرد

همانطور که در نمودار فوق مشخص است بیشترین سهم بازار به ترتیب مربوط به کاربرد ذخیره گاز و جذب گاز و مایعات است.

طبقه‌بندی دیگر چهارچوب‌های فلز-آلی بر اساس نوع فلز پایه بوده و شامل انواع پایه روی، مس، آهن، آلومینیم و ... است که در نمودار زیر ارزش بازار هر نوع در سال ۲۰۱۹ و پیش‌بینی آن در سال ۲۰۲۷ نشان داده شده است.



نمودار ۲- ارزش بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی (بر حسب میلیون دلار) به تفکیک پایه فلزی

طبق مطالعات صورت گرفته توسط menafn، مطرح‌ترین برند تولیدکننده چهارچوب‌های فلز-آلی BASF است که بیش از ۸۸/۵ درصد از سهم بازار چهارچوب‌های فلز-آلی را در سال ۲۰۱۹ به خود اختصاص داده است. برخی از بازیگران کلیدی در زمینه تولید چهارچوب‌های فلز-آلی در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۱- اصلی‌ترین تولیدکنندگان چهارچوب‌های فلز-آلی

شرکت	لوگو
BASF	BASF The Chemical Company
MOFapps	MOFapps MOF Application Services
Strem Chemicals	STREM CHEMICALS, INC.

شرکت	لوگو
MOF Technologies	 MOF Technologies™ Adsorbent Nanomaterials
Framergy, Inc	

در ادامه شرکت‌های فعال در زمینه تولید چهارچوب‌های فلز-آلی و محصولات مرتبط با آن‌ها معرفی شده‌اند.

۳. بررسی شرکت‌های تولیدکننده مستقیم چهارچوب‌های فلز-آلی و محصولات وابسته

۱.۳. شرکت BASF

BASF یک شرکت پیشرو در حوزه تحقیقات و تولید انبوه بخصوص در مورد چهارچوب‌های فلز-آلی یا MOFها است. MOFها دارای ساختارهای کریستالی با منافذی در اندازه نانومتر هستند که امکان ذخیره موثر گاز طبیعی و The Chemical Company سایر گازها مانند هیدروژن و دی اکسید کربن را فراهم می‌کنند. مساحت سطح زیاد این ساختارها آن‌ها امکان جذب گاز روی آن‌ها را فراهم می‌کند. در سال ۲۰۱۲، BASF جایزه Pierre Potier را برای تحقیقات مربوط به سنتز MOF در آب در مقیاس توناز دریافت کرد. محصولات MOF تولید شده این شرکت با نام تجاری Basolite، توسط شرکت Sigma-Aldrich بفروش می‌رسد. BASF بخشی از محصولات خود را در پروژه‌های تحقیقاتی که توسط این شرکت انجام می‌شود، به مصرف می‌رساند. محصولات این شرکت در کاربردهای مختلفی نظیر کاتالیزور، جذب و ذخیره‌سازی گاز و سوخت طبیعی کاربرد دارد. این شرکت در سال ۲۰۱۳ در کنفرانس مربوط به خودروهایی با سوخت گاز طبیعی (NGV)^۱ یک خودرو سنگین برند kenworth (کلاس T۴۴۰) مجهز به فناوری ذخیره انرژی با استفاده از MOFها را به نمایش گذاشت. در آمد فروش این شرکت در سال ۲۰۲۰، حدود ۷۰ میلیارد دلار بوده است.

جدول ۲- چهارچوب‌های فلز-آلی تولید شده توسط BASF

ردیف	نام قدیمی محصول	نام تجاری	کاربرد
۱	MIL-۵۳	Basolite A۱۰۰	- جداسازی ترکیبات آلیکیل آروماتیک C₈ - جداسازی گازهای دو جزئی مانند (CO₂/CH₄) و (CO₂/N₂) - جذب گاز هیدروژن و جذب فوق بحرانی گاز CO₂
۲	HKUST-1, Cu-۱۹۹ BTC, Cu ₃ (BTC) ₂ , MOF	Basolite C۳۰۰	جذب گاز CO₂, CO, N₂, O₂, H₂ و جذب مایع دی بنزوتیوفن
۳	Fe-BTC	Basolite F۳۰۰	- ذخیره انرژی از طریق باتری لیتیوم یون - جذب فوق بحرانی گاز CO₂
۴	ZIF-۸	Basolite Z۱۲۰۰	- در ساخت غشاهای ماتریسی که در فرآیندهای جداسازی گازهایی مانند هیدروژن و بازیابی نیتروژن استفاده می‌شود. - به عنوان فیلر در تشکیل غشاها بر پایه PDMS جهت نانو فیتراسیون مقاوم در برابر حلال (SRNF) - به عنوان مواد متخلخل برای جذب و تشخیص سموم دفع آفات در کشاورزی

¹ Natural Gas Vehicle

ردیف	نام قدیمی محصول	نام تجاری	کاربرد
			- مورد استفاده جهت جداسازی (ایزومرهای پارافینی، آلکان‌ها) - در حسگرها - جذب گاز هیدروژن
۵	–	Basolite M۰۵۰	–
۶	IRMOF-۷۴-I	Basolite M۷۴	–
۷	–	Basolite A۵۲۰	–
۸	MOF-۱۷۷	Basolite Z۳۷۷	جذب گاز هیدروژن
۹	MOF-۵ IRMOF-۱	Basolite Z۱۰۰H	–
۱۰	IRMOF-۸	Basolite Z۲۰۰	–

۲.۳ شرکت Mof Technologies



MOF Technologies
Adsorbent Nanomaterials

این شرکت یکی از تولیدکنندگان MOFها در جهان بوده که از سال ۲۰۱۲ فعالیت خود را آغاز کرد و با ترکیب دانش MOF و کاربرد تجاری آن، سیستم‌های انتقال گاز کارآمدتری به صنایع غذایی اضافه نمود. این شرکت کوچک از دانشگاه Queens در شهر بلفاست^۱، یک روش منحصربفرد برای تولید MOFها ارائه نموده که سازگار با محیط زیست بوده و از لحاظ زمانی و هزینه مقرون بصرفه است. در حال حاضر با ۱۷ محصول MOF، در ۲۶ کشور جهان فعالیت دارند. این محصولات از طریق فرایند میکائیکی که توسط این مجموعه ثبت شده است، تولید می‌شوند. از جمله مزایای این روش ساخت MOFهایی با افزایش ویژگی‌های حرارتی-فیزیکی از طریق افزایش گزینش‌پذیری و کاهش چرخه عمر است. همچنین با کمک این روش امکان تولید MOFهایی با اندازه کمتر از ۲۰ نانومتر فراهم شده که در جداسازی غشایی، حسگرها و بیوتکنولوژی بکار می‌روند. از دیگر کاربردهای MOFهای تولید شده توسط این مجموعه جذب هدفمند گاز کربن دی‌اکسید است که نسبت به روش‌های معمول (استفاده از محلول‌های آمینی) بازده بیشتری دارد. همچنین در همکاری با شرکت GENESIS در زمینه تولید سیستم‌های غشایی بر پایه MOF جهت حذف کربن دی‌اکسید (از طریق جداسازی کربن دی‌اکسید از سایر گازها مانند هیدروژن و نیتروژن) از صنعت سیمان و فولاد است. غشاهای ماتریس ترکیب با MOF، تا ۹۰ درصد در جذب کربن دی‌اکسید از سایر گازها موفق بوده است. در حال حاضر GENESIS قصد دارد تا از MOFها برای ذخیره گاز طبیعی در خودروها و همچنین ذخیره سازی طیف وسیعی از گازها استفاده نماید. در جدول زیر محصولات تولید شده توسط Mof Technologies قابل مشاهده است. این شرکت از محل فروش محصولات خود ۸۲/۹ هزار دلار درآمد دارد.

جدول ۳- چهارچوب‌های فلز-آلی عرضه شده توسط Mof Technologies

ردیف	نام محصول
۱	Al-MIL-۵۳
۲	ZIF-۷
۳	ZIF-۶۷
۴	ZIF-۸
۵	CuBTC(HKUST-۱)
۶	PCN-۲۵۰-FE۳
۷	MOF-۵

¹ Belfast

ردیف	نام محصول
۸	Zr-Fumarate
۹	Mg-Formate
۱۰	Cu-MOF-۷۴
۱۱	Co-MOF-۷۴
۱۲	Ni-MOF-۷۴
۱۳	Mg-MOF-۷۴
۱۴	Mn-MOF-۷۴
۱۵	CAU-۱۰-H
۱۶	Al(OH)Fumarate
۱۷	Fe-BTC

۳.۳. شرکت Promethean Particles

این شرکت از سال ۲۰۰۷ تولیدکننده مواد شیمیایی است و محصولات خود را در گروه‌های اکسیدهای فلزی (سرب اکسید، زیرکونیم اکسید، آهن اکسید و ...)، فلزات (نیکل، مس و ...) و MOFها، برای کاربردهایی مانند ساخت سنسور، جداسازی و جذب گاز، کاتالیزور، خالص سازی آب، رنگدانه‌ها و ... ارائه می‌کنند. بسیاری از این محصولات در مقیاس نانو بوده و عملکرد محصولات پوشش (بطور مثال افزایش خاصیت آبریزی و دوام پوشش)، رنگدانه‌ها و جوهرها، باتری، مایعات حرارتی و ... افزایش یافته است. MOFهای این مجموعه با استفاده از روش سنتز هیدروترمال پیوسته در مقیاس صنعتی تولید می‌شود. تخلخل و مساحت سطح زیاد این ساختارها، آن‌ها برای کاربردهای جذب و ذخیره گازهایی مانند CO_2 ، SO_2 ، N_2 ، H_2 ، تصفیه آب، کاتالیزور و ... مناسب ساخته است.

جدول ۴- چهارچوب‌های فلز-آلی عرضه شده توسط Promethean Particles

ردیف	نام محصول	ویژگی و کاربرد
۱	(HKUST-۱) CuBTC	• با مساحت سطح ویژه حدود $1800 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ تمایل به جذب گاز CO_2 اما برای آب مناسب نیست.
۲	MIL-۵۳(Al)	• مقاوم به طیف وسیعی از دماها و شرایط و دارای مساحت سطح ویژه $1500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ • تغییر گزینش‌پذیری از طریق لیگاندهای عامل‌دار
۳	Al Fumarate	• دارای مساحت سطح ویژه $1200 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ و مواد اولیه نسبتاً ارزان • مناسب برای جذب آب و انتقال حرارت
۴	ZIF-۸	• دارای مساحت سطح ویژه $1800 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ • جداسازی گونه‌های آب‌گریز و هیدروکربن‌هایی مانند آلکان‌ها و آلکن‌ها
۵	ZIF-۶۷	• دارای مساحت سطح ویژه $700 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ • از لحاظ ساختاری مشابه ZIF-۸ بوده و بدلیل نوع فلز مرکزی گزینش‌پذیری متفاوتی دارد.
۶	CPO-۲۷(Ni) MOF-۷۴ (Ni)	• دارای مساحت سطح ویژه $1300 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ • از لحاظ کاربرد مشابه HKUST-۱ بوده اما نسبت به جذب آب پایداری بهتری دارد. • پایداری بسیار زیاد در جذب چرخه به چرخه گاز CO_2

ردیف	نام محصول	ویژگی و کاربرد
۷	CPO-۲۷(Zn) MOF-۷۴ (Zn)	- دارای مساحت سطح ویژه $900 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. - از لحاظ کاربرد مشابه CPO-۲۷(Ni) بوده اما ظرفیت جذب گاز CO_2 در آن، نسبت به CPO-۲۷(Ni) کمتر بوده و نسبت به برخی گونه‌های شیمیایی یا هزینه کمتر، گزینش‌پذیری بیشتری دارد.
۸	MIL-۱۰۰(Fe)	- دارای مساحت سطح ویژه $1400 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. - به دلیل داشتن اندازه منافذ متعدد در ساختار، برای کاربردهای جداسازی گاز مفید است. - همچنین می‌تواند برای جذب آب نیز استفاده شود و به دلیل انرژی مورد نیاز کم برای بازیابی مورد توجه است.
۹	Fe-BTC	- دارای مساحت سطح ویژه $1000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ که نسبت به MIL-۱۰۰(Fe) کمتر است. - به دلیل داشتن اندازه منافذ متعدد در ساختار، برای کاربردهای جداسازی گاز مفید است. - تراکم بیشتر نقاط نقص در این ساختار، توانایی آن را برای جذب برخی از گونه‌های قطبی بهبود داده است. - به عنوان کاتالیزور

۴.۳. شرکت Immaterial labs

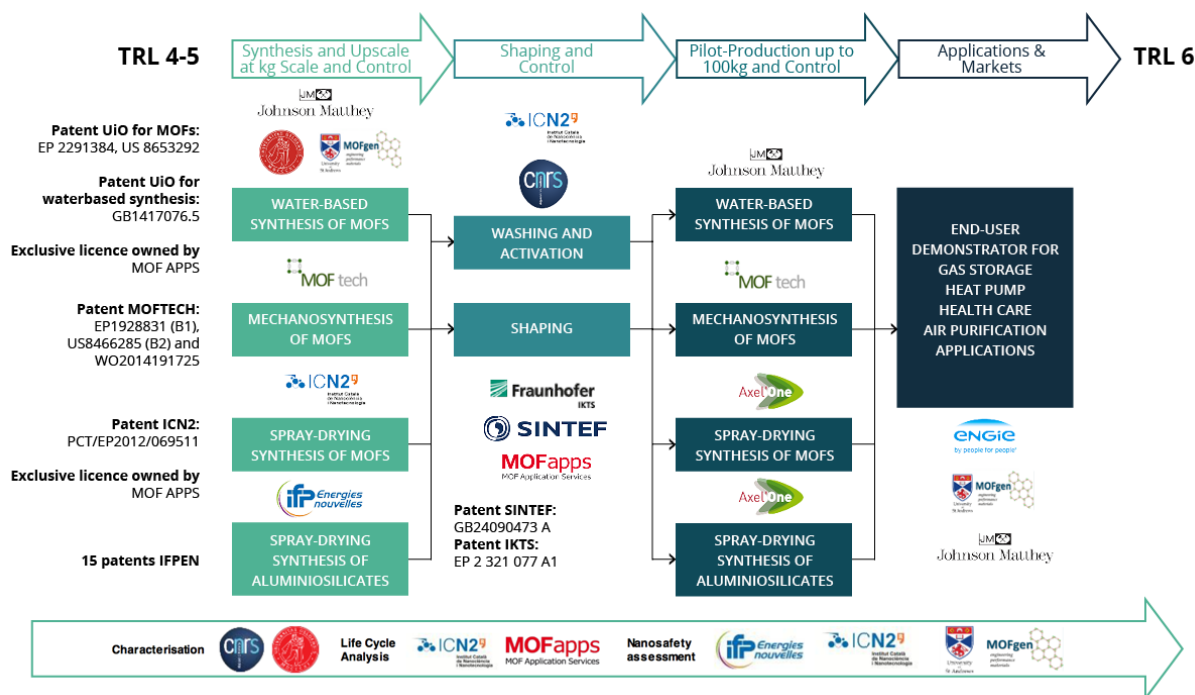
 این شرکت از سال ۲۰۱۵ در راستای رفع چالش‌های صنعتی بویژه در حوزه جداسازی و استخراج و همچنین توسعه شاخه‌های مختلف نظیر شبیه‌سازی مولکولی، طراحی فرایند، فرمولاسیون یکپارچه، کاتالیزور، دارورسانی و ... با استفاده از مواد متخلخل بخصوص چهارچوب‌های فلز-آلی فعالیت می‌کند. از جمله پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده توسط این شرکت، استفاده از monolithic HKUST-1 است. برای فرایند انتقال گاز طبیعی، فشار در محدوده ۲۵۰ بار و یا دما تا منفی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد نیاز است تا گاز مایع شود که هیچکدام در منطقه چاه‌های نفت و گاز قابل دسترسی نیست. با بکارگیری این MOF امکان جذب گاز طبیعی در فشار ۶۵ بار را فراهم می‌کند. از دیگر پروژه‌های این شرکت می‌توان به استفاده از MOFها در ذخیره‌سازی سوخت‌های خودروها (سوخت تمیز)، دارورسانی با دوز منظم در برخی سرطان‌ها و ... اشاره نمود. این شرکت سالانه از محل فروش محصولات خود ۳۷۰ هزار دلار درآمد دارد.

۵.۳. شرکت Porous Liquid Technologies

 این شرکت اولین بار مایعات متخلخل را در سال ۲۰۱۵ به بازار معرفی کرد. تخلخل مایعات سبب جذب سریع و آزاد شدن حجم زیادی از گاز به صورت انتخابی می‌شود. حدود ۲۰ درصد از مایع فضای خالی است. کاربرد اصلی مایعات متخلخل در انحلال گازها در یکدیگر است. به نحوی که یک نوع گاز با گزینش‌پذیری زیاد در گازی با گزینش‌پذیری کم حل شود. استفاده از مایعات متخلخل برای جذب CO_2 با هدف کاهش انتشار و جداسازی از زنجیره ارزش گاز طبیعی و بیوگاز مورد بررسی قرار گرفته است. بیوگاز حاصل از زباله‌ها یک منبع ارزشمند و در حال رشد برای گاز متن محسوب می‌شود. جداسازی ناخالصی‌های بیوگاز (H_2S و CO_2) بسیار اهمیت دارد و بهترین روش برای آن، استفاده از حلال‌های آمینی است که هزینه زیادی دارد. مایعات متخلخل جایگزین مناسبی برای این حلال‌ها هستند. همچنین در آینده انتظار می‌رود از این مایعات برای جداسازی هیدروکربن‌ها در صنایع پتروشیمی (مانند جداسازی اتان-اتن و پروپان-پروپن) و جداسازی گازهای با ارزش از هوا مانند زنون استفاده شود.

۶.۳. شرکت MOFgen

MOFgen یک شرکت دانش بنیان است که در پروژه ProDIA فعالیت دارد. پروژه ProDIA، یکی از پروژه‌های تعریف شده در NMPB^۱ بوده و هدف آن توسعه فرایندهای مربوط به تولید انبوه مواد نانو متخلخل (مانند MOFها و آلومینیم سیلیکات هیبریدی) یا به عبارتی صنعتی شدن آن‌ها، به عنوان محصول نهایی است. در این پروژه‌ها بخش‌های تحقیقاتی دانشگاه‌های مختلف در حال همکاری با یکدیگر هستند. در تصویر زیر شرکت‌ها فعال در این پروژه نشان داده شده است.



تصویر ۱- شرکت‌های فعال در پروژه ProDIA

بر اساس اطلاعات سایت crunchbase شرکت MOFgen اولین شرکتی است که به دنبال توسعه MOFها برای کاربردهای پزشکی و درمانی (مانند ترمیم زخم‌های مزمن، جلوگیری از عفونت و رشد باکتری) است.

۷.۳. شرکت MOFapps

MOFapps
MOF Application Services

این شرکت مشابه شرکت MOFgen، در پروژه ProDIA و در حوزه شکل‌دهی و کنترل MOFها فعالیت دارد. هدف این مجموعه یافتن MOFهایی برای کاربردهای ذخیره‌سازی انرژی حرارتی، در سیستم‌های خنک‌کننده و رطوبت‌زدا (به طور مثال در چیلرها و جایگزین مواد رطوبت‌زدای صنعتی فعلی مانند سیلیکاژل و زئولیت‌ها)، جذب گازهای سمی در کاربردهای نظامی و دفاعی (در فیلترهای ماسک‌ها یا دستگاه‌های تهویه هوا و ...) است. یک MOF از خانواده UiO-66 Zr عملکرد ویژه‌ای را در فیلترها نسبت به موادی مانند کربن فعال ایجاد نموده است.

¹ Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing

۸.۳. شرکت Tarsis Technologys



Tarsis Technology

این شرکت از سال ۲۰۱۶ در زمینه تجاری سازی MOFها برای کاربرد رهایش کنترل شده داروها، ماده موثرها در بخش کشاورزی و ... فعالیت می‌کند. به این ترتیب در هر حوزه برای تحویل ماده موثره به بخش هدف، هدررفت انرژی کمتر شده و اثربخشی آن افزایش می‌یابد. همچنین عوارض جانبی و تأثیرات زیست محیطی به حداقل ممکن می‌رسد. این شرکت با یکی از تولیدکنندگان برجسته جهان در زمینه تولید قارچ‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی توافق‌نامه همکاری امضا کرده است. این MOFها قادرند تا ماده موثره را در عرض چند دقیقه، روز و یا حتی ماه، در پاسخ به تغییرات آب و هوایی آزاد کنند. این شرکت به کمک مجموعه FrontierIP (سرمایه‌گذاری به ارزش ۱۵۰ هزار پوند در Tarsis Technologys) ثبت مالکیت فکری طرح خود را انجام داده است. میزان درآمد این شرکت از محل فروش محصولات خود سالانه ۱۴۱/۵ هزار دلار است.

۹.۳. شرکت ProfMOF



ProfMOF

این شرکت از سال ۲۰۱۵ در زمینه تولید MOF توسط گروهی از دانشمندان دانشگاه Oslo در نروژ آغاز به کار کرد. هدف این مجموعه تولید MOFهایی برای کاربرد در صنعت با استفاده از روش solvothermal است. این MOFها از لحاظ پایداری، سازگاری با محیط زیست، عملکرد و مقرون به صرفه بودن مورد توجه‌اند. این مجموعه در همکاری با شرکت Inc EnergyX^۱ به دنبال توسعه MOFها در حوزه انرژی تجدیدپذیر و تولید باتری‌ها و محصولات لیتییم یون در مقیاس بزرگ جهت ارتقا فناوری استخراج لیتییم است. محصولات این شرکت در خنک کننده جذبی^۲، لوازم الکترونیکی، ذخیره‌سازی گاز و تصفیه هوا استفاده می‌شود که در جدول زیر نشان داده شده است. درآمد سالانه این شرکت از محل فروش محصولات، حدود ۲۶۹ هزار دلار است.

جدول ۵- محصولات شرکت ProfMOF

ردیف	نام محصول	نام علمی
۱	UiO-۶۶-BDC	Zr-benzenedicarboxylat
۲	UiO-۶۶-BDC.NH ₂	Zr-aminobenzenedicarboxylate
۳	UiO-۶۶-ADC	Zr-acetylenedicarboxylate
۴	UiO-۶۶-FA	Zr-fumarate
۵	UiO-۶۶-BDC-COOH	Zr- trimellitate
۶	UiO-۶۶-BDC/UiO-۶۷	Zr-biphenyldicarboxylate
۷	CAU-10	Aluminium hydroxide isophthalate

مطابق بررسی‌های این شرکت خواص چهار چوب فلز-آلی نوع UiO-۶۷ در انواع UiO-۶۷-Me و UiO-۶۷-BN، را از جنبه ظرفیت جذب متان و پایداری نسبت به آب ارتقا داده است. همچنین جذب آب بصورت برگشت‌پذیر در UiO-۶۷-BN چشمگیر بوده و در محلول‌های آبی در گستره‌ای از pHهای متفاوت، پایداری بیشتری از خود نشان داده است.

۱۰.۳. شرکت Johnson Matthey



این شرکت یک مجموعه تخصصی در حوزه تولید مواد شیمیایی است. در زمینه تولید کاتالیزور، مواد دارویی، سیستم‌های کنترل آلودگی و ... فعالیت می‌کند. همچنین در حوزه خالص‌سازی پلاتین، طلا و نقره و تولید مواد رنگ

¹ Energy Exploration Technologies Inc

² adsorption cooling

و روکش برای صنعت شیشه، کاشی و سرامیک، پلاستیک، رنگ، جوهر، ساختمان و ... فعال است. طبق یک بررسی منتشر شده در مورد چهار چوب‌های فلز-آلی به عنوان دسته‌ای از مواد کریستال^۱ به ساختار آن‌ها، روش‌های سنتز، ویژگی‌ها، کاربردهای صنعتی و ... اشاره شده و به طور خاص چهار چوب‌های فلز-آلی MOF-۷۴ (CPO-۲۷) و دو نوع MIL (MIL-۶۸ و MIL-۵۳) از لحاظ کاربرد و عملکرد ارزیابی شده‌اند. این شرکت بیش از ۷۰۰ محصول در حوزه‌های مختلف تولید می‌کند. این محصولات به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت، اما علی رغم تحقیق انجام شده در خصوص MOFها در این شرکت، اطلاعاتی مبنی بر استفاده از MOFها در محصولات این شرکت بدست نیامد.

۱۱.۳. شرکت Atomis

atomis اولین استارت‌آپ در حوزه MOFها در ژاپن است. این شرکت در زمینه روش‌های کنترل گازهای گلخانه‌ای با استفاده MOFها فعالیت می‌کند و بر اساس نیاز مشتری (از لحاظ دانه‌بندی، ساختار، نوع فرایند سنتز، میزان کیفیت عملکرد و ...) MOFهای مختلفی تولید می‌کند. همچنین در حال توسعه یک MOF زیستی است. به نحوی که در محیط داخلی بدن تجزیه شود. این تکنولوژی در توسعه و ارتقا داروهای سرطان، دارو رسانی، عوامل ترکیب درون مولکولی، عوامل دفع سموم، عوامل تثبیت پروتئین، مواد ضد باکتری و ضد ویروس و ... کاربرد دارد. تولید مخازن و سیلندرهای فشار قوی (CubiTan) از اقدامات این شرکت است تا مخازن تحت فشار بالاتری در صنایع مورد استفاده قرار گیرند. ضمن حفظ استحکام، وزن مخازن ساخته شده با MOF حدود ۵۰ درصد وزن مخازن فولادی بوده و ظرفیت ذخیره‌سازی گاز بصورت قابل توجهی افزایش یافته است. علاوه بر این استفاده از MOF در غشاهای جداسازی با هدف جذب CO₂ و آزادسازی مجدد در تحقیقات این شرکت وجود دارد.

۱۲.۳. شرکت Fuji Pigment

Fuji Pigment این شرکت از سال ۱۹۴۴ در زمینه تولید مواد شیمیایی بخصوص در زمینه رنگدانه‌های آلی قرمز فعالیت می‌کند. همچنین از طریق فرایند سل ژل، تکنولوژی پراکندگی نانو ذرات رنگدانه‌ها را در محصولاتمانند جوهرهای نشان‌دار برای نوشتن، جوهرهای مورد استفاده در لاستیک‌های متخلخل (عدم نیاز به پد جوهر)، جوهرهای دستگاه چاپ و همچنین جوهرهای نمایشگر وسایل الکترونیکی (مانند تلویزیون و ...) توسعه داده‌اند. استفاده از این فناوری در تولید مواد شیمیایی ضدباکتری، لوازم آرایشی، جوهرهای رسانای الکتریکی برای چاپ و ... در حال بررسی است. در حال حاضر این شرکت ZIF-۸ را به بازار عرضه می‌کند.

۱۳.۳. شرکت NuMat Technologies

NuMat Technologies این شرکت از سال ۲۰۱۲ در زمینه طراحی مواد شیمیایی فعالیت می‌کند و در طراحی و تولید MOFها موفق به دریافت استاندارد ISO شده است. ION-X یک پلتفرم ذخیره‌سازی، تثبیت و آزادسازی کنترل شده مولکول‌های بکار رفته در مراحل تولید نیمه هادی (مربوط به کاشت یون^۲) است و امکان آن را فراهم می‌کند تا گازها در فشار کمتر از اتمسفر به چگالی مایع نزدیک شوند. کاشت یون یک فرایند کلیدی در ساخت نیمه هادی‌ها بوده و بواسطه آن جریان برق در ویفرهای سیلیکونی تعدیل می‌شود. در این فرایند مواد شیمیایی پیچیده و سمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ION-X امکان بسته‌بندی ایمن و رهاسازی مواد شیمیایی الکترونیکی را فراهم کرده است. این محصول توسط مجموعه Merck Electronics در سطح جهانی توزیع می‌شود. این محصول در سه مدل

^۱ Metal-Organic Frameworks: A New Class of Crystalline Porous Materials

^۲ Ion implantation

طراحی و تولید شده است. کاتالوگ یک نمونه در تصویر زیر قابل مشاهده است. درآمد این مجموعه از محل فروش محصولات سالانه حدود ۲/۵ میلیون دلار است

AsH₃ (Arsine) ION-X® Dopant Gas Storage and Delivery System

Next-Generation Adsorbent Technology of Sub-Atmospheric Dopant Gases



Versum Materials and NuMat Technologies announce a global alliance to bring ION-X® sub-atmospheric gas storage and delivery system solutions to our worldwide customers.

BENEFITS

New line of products for the safe storage and delivery of toxic dopant gases, using state-of-the-art MOF (Metal Organic Framework) technology as adsorbent

Delivers ultrahigh purity dopant gases at sub-atmospheric pressures

Best true sub-atmospheric solution

100% Plug and Play with existing implant machines

Delivers capacity premium to SDS3 with AsH₃ and BF₃

Reduced change-outs and cost-of-ownership

Favorable desorption and flow characteristics supporting ease of gas extraction

Superior cylinder construction with the least failure modes



تصویر ۲- بخشی از اطلاعات فنی محصول ION-X شرکت NuMat

۱۴.۳. شرکت farmergy

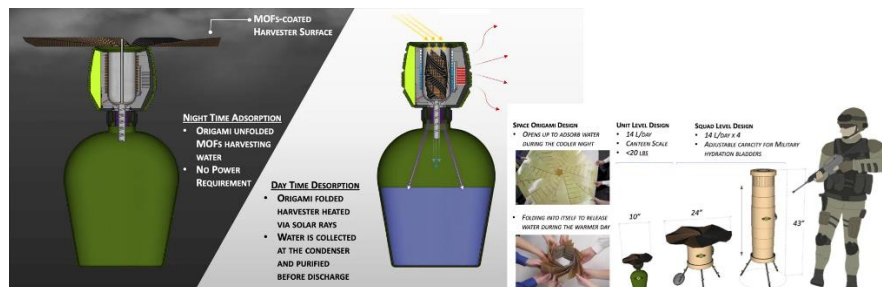
این شرکت از سال ۲۰۱۱ در زمینه طراحی و تولید کاتالیزورها و جاذب‌هایی با مسطح سطح زیاد، تخلخل دائمی و کم هزینه برای صنایع نفت و گاز فعالیت می‌کند. برای تولید این جاذب‌ها از MOFها استفاده می‌شود که جایگزین مناسبی برای کربن فعال و زئولیت‌ها هستند. این مواد ثبات حرارتی و رطوبتی مناسبی دارند و تفاوت کیفیت و عملکرد آن‌ها وابسته به تک کریستال، چند کریستال و یا آمورف بودن آن‌هاست. از آنجا که عملکرد مطلوب این مواد به غلظت شیمیایی، سرعت جریان، فشار و حجم آب بستگی دارد، لذا این شرکت قادر است بر اساس سفارش مشتری جاذب مورد نظر را طراحی و تولید نماید. AYRSORB نام تجاری سری جاذب‌های تولید شده توسط این شرکت است.

جدول ۶- محصولات شرکت farmergy

ردیف	نام محصول	ویژگی و کاربرد	سایر محصولات
۱	AYRSORB™ P۱۵۱	- دارای عامل‌های آمینی - پایداری در برابر آب، فشار و دمای زیاد - میزان جذب بیشتر نسبت به جاذب‌های جامد (۲۱ درصد وزنی) - برای جذب CO₂ در شرایط مختلف محیطی	PPN-۴۶ PPN-۱۵۱ PPN-۱۰
۲	AYRSORB™ F۱۰۰	- بر پایه آهن و BTC - ساختاری شبیه به MIL-۱۰۰ - رطوبت‌زدایی در تهویه مطبوع	MIL-۵۳ MIL-۸۸ MIL-۲۵۰

ردیف	نام محصول	ویژگی و کاربرد	سایر محصولات
		- جاذب اکسیدهای نیتروژن - هزینه کم تولید - امکان استفاده در نمای ساختمان‌ها در آینده	
۳	AYRSORB™ F۲۵۰	- بر پایه آهن و بر اساس MIL-۱۲۷ و PCN-۲۵۰ - جذب متان و جداسازی اتان-اتیلن - بواسطه جذب فیزیکی مناسب برای جداسازی هیدروکربن‌های سبک در زنجیره ارزش نفت و گاز - پایداری شیمیایی در محلول‌های آبی برای طیف وسیعی از pHهای ۱ تا ۱۲ - پایداری در برابر فشار و سازگار با محیط زیست - مناسب برای کاربردهای صنعتی	MIL-۵۳ MIL-۸۸ MIL-۱۰۰
۴	AYRSORB™ T۱۲۵	- بر پایه تیتانیوم و بر اساس MIL-۱۲۷-NH₂ و PCN-۲۵۰ - فتوکاتالیست برای جذب و تجزیه گازهای آلی فرار	MIL-۱۲۵ MIL-۲۲ MIL-۱۷۷

بر اساس اطلاعات گزارش شده در سایت azom.com (مجله‌ای که آخرین اخبار صنعتی و علمی و مهندسی را گزارش می‌کند) این شرکت با استفاده از ویژگی برداشت آب از هوا محصول AYRSORB™ F۱۰۰، یک اوریگامی فضایی طراحی نمود که عملکرد آن سازگار با تغییرات دمای محیط است. در هنگام شب که دمای هوا کمتر است، این محصول آب را جذب کرده و در هنگام روز که هوا گرم می‌شود، آب را آزاد می‌کند. این فناوری به ارتش آمریکا و دیگر بخش‌های نظامی برای تامین واحد آب شخصی پیشنهاد داده شده است.



تصویر ۳- محصول شرکت farmery برای برداشت آب از هوا با استفاده MOFها

۱۵.۳. شرکت Mosaic Materials



این شرکت از سال ۲۰۱۶ به طور اختصاصی در حوزه جداسازی گازها فعالیت می‌کند تا اثرات ناشی از تأثیرات زیست محیطی سوخت‌های فسیلی را به حداقل ممکن برساند. با بکارگیری MOFها در جاذب‌های گاز، توانسته‌اند بطور انتخابی گاز CO₂ را با راندمان بیشتر و هزینه کمتر، جذب و با تغییر دما و فشار آن را آزاد نمایند. این ویژگی در افزایش کیفیت هوای تنفسی در فضاهای محدود مانند زیردریایی‌ها، فضا پیمایا و ... بسیار حائز اهمیت است. همچنین با کمک این جاذب انرژی مورد نیاز برای فرایند شیرین‌سازی گاز طبیعی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین این شرکت به دنبال توسعه این فناوری در صنایع نفت و گاز با هدف جداسازی هیدروکربن‌های سبک است.

۱۶.۳. شرکت Coordination Pharmaceuticals

Coordination Pharmaceuticals یک شرکت خصوصی در حوزه ایمونولوژی است که در سال ۲۰۱۵ با هدف توسعه محصولات ضد سرطان و تامین نیازهای پزشکی تامین نشده، تاسیس شده است و سالانه حدود ۴۶ هزار دلار درآمد دارد. این مجموعه یک پلتفرم اختصاصی از پلیمرهای کتوردینه شده در مقیاس نانو (CPI-۱۰۰)، که تومورهای جامد را مورد هدف قرار می‌دهد و در عین حال میزان سمیت را به حداقل می‌رساند، توسعه می‌دهد. CPI-۱۰۰ یک ساختار مبتنی بر پلیمرهای کتوردینه شده در اندازه نانو است که بصورت انتخابی ترکیبات شیمیایی تحریک کننده تومورها را ارائه می‌دهد. نحوه عمل این پلتفرم به گونه‌ای است که سلول‌های T را تحریک نموده تا سلول‌های جامد تومور را مورد هدف قرار دهند. مطالعات آزمایشگاهی این پلتفرم کامل شده و در حال تست روی ۱۰۰ بیمار داوطلب دارای تومورهای پیشرفته است. این مجموعه با شرکت RiMO در حال همکاری است.

۱۷.۳. شرکت RiMO Therapeutics

RiMO Therapeutics یک شرکت توسعه دارویی انکولوژی خصوصی است که در سال ۱۹۹۷ با هدف رفع نیازهای پزشکی تامین نشده و بهبود مراقبت از بیمار تاسیس شده است و سالانه حدود ۴ میلیون دلار درآمد دارد. پلتفرم اختصاصی این شرکت RiMO^۱ است که از طریق روش‌هایی، اثرات پرتودرمانی و رادیوتراپی اشعه ایکس را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. در این پلتفرم از MOFها استفاده می‌شود و در نهایت دوز مورد نیاز از اشعه ایکس برای از بین بردن تومورهای سرطانی کاهش پیدا می‌کند. RiMO-۳۰۱ اولین نمونه از این پلتفرم است که وارد فاز بالینی شده است. در تصویر زیر میزان پیشرفت سایر نمونه‌ها قابل مشاهده است.

Candidate	Indication	Preclinical Development	Phase 1	Phase 2 & 3
RiMO-301	Solid Tumors (Head and Neck & Prostate Cancers)			
RiMO-401	Solid Tumors (Liver & Pancreatic Cancers)			
RiMO-501	Solid Tumors			

تصویر ۴- میزان پیشرفت نمونه‌های پلتفرم RiMO

۱۸.۳. شرکت Matrix Sensors

Matrix Sensors از سال ۲۰۰۸ در زمینه تولید حسگرهای تشخیص گاز فعالیت می‌کند. این حسگرها به صورت خودکار کالیبره می‌شوند. در فناوری جدید این شرکت، از MOFها برای تشخیص کم هزینه و زود هنگام گاز در محیط (بطور مثال گاز متان برای افزایش امنیت محیط) و یا غلظت CO₂ در محیط استفاده شده است. درآمد فروش سالانه این شرکت ۱۶۰ هزار دلار است.

۱۹.۳. شرکت Inmondo Tech



این شرکت در زمینه تولید مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع از سال ۲۰۱۳ فعال است. همچنین چهارچوب فلز-آلی UiO-۶۶ را برای جذب CO₂ پس از فرایند احتراق در صنایع پیشنهاد داده است. طبق اطلاعات ثبت شده در

¹ Radio-immuno Metal-Organic

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	 ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی

وبسایت شرکت Dun & Bradstreet (این شرکت در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه راهکارهای اقتصادی برای رشد شرکت‌ها به خصوص در حوزه مواد شیمیایی فعالیت می‌کند)، شرکت Inmondo سالانه حدود ۲۶۲/۵ هزار دلار از محل فروش محصولات خود درآمد دارد.

۲۰.۳. شرکت Water Harvesting

این شرکت از سال ۲۰۱۸ در زمینه توسعه و پیاده‌سازی منابع جدید، پایدار و کاربردی برای آب آشامیدنی فعالیت می‌کند و سالانه حدود ۱۸۹ هزار دلار درآمد دارد. طی فرایندی با استفاده از MOFها آب موجود در هوا به راحتی جذب می‌شود. این شرکت MOFهایی طراحی نموده است که با صرف انرژی کم، در رطوبت نسبی ۱۵ درصد آب موجود در اتمسفر را جذب و در شرایط مشخص آزاد می‌کند. در سال ۲۰۱۹ این طرح توانست برنده جایزه نوآوری از نمایشگاه و کنفرانس فنی فدراسیون محیط زیست آب (WEFTEC)^۱ شود. مطابق تحقیق منتشرشده در سال ۲۰۲۰ تحت عنوان چهارچوب‌های فلز-آلی برای برداشت آب^۲ چهارچوب‌های فلز-آلی MOF-۸۴۱، MOF-۸۰۱ و MOF-۳۰۳ برای برداشت آب در مقیاس کیلوگرم مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نتایج مطلوبی را ثبت نموده‌اند.

۲۱.۳. شرکت Mpower Innovations Inc

این شرکت تازه تاسیس بوده و فعالیت خود را از سال ۲۰۱۹ در زمینه توسعه و ارتقا غشا مبادله پروتون (PEM)^۳ فعالیت می‌کند و سالانه حدود ۱۱۶ هزار دلار فروش دارد. این مجموعه در صنعت سلول‌های سوختی در تلاش است تا غشاهایی با رسانایی بالاتر و هزینه کمتر تولید کند. نازک شدن غشا باعث عبور هیدروژن و اکسیژن می‌شود، که خود مشکلات زیادی را به همراه دارد. راه حل فعلی استفاده از مواد پر فلئورو سولفونیک اسید (PFSA)^۴ است که بسیار سمی است. این شرکت توانسته غشایی مبتنی بر مواد نانو متخلخل (COF)^۵ برای کاربرد به عنوان PEM تولید نماید که ضمن جلوگیری از انتقال گاز و افزایش چشمگیر رسانایی (تا ۵۰ درصد بیشتر)، مقاومت زیادی نسبت به اسید دارد. این غشا متخلخل حاوی حداقل مقدار فلوراید بوده و خطرات زیست محیطی ندارد. حدود ۲۰ درصد هزینه سیستم سلول سوختی مربوط به کاتالیزور غشا مبادله پروتون سلول سوختی (PEMFC)^۶ بوده که در حال حاضر توسط پلاتین تامین می‌شود. با استفاده از فناوری مواد نانو متخلخل می‌توان فلزاتی مانند آهن، نیکل، کبالت و ... را جایگزین پلاتین نمود و به این ترتیب هزینه مربوط به کاتالیزور را تا صد برابر کاهش داد.

۲۲.۳. شرکت Nanoshel

نام تجاری این شرکت از گروه شرکت‌های (IMPL)^۷ گرفته شده است و از سال ۲۰۱۷ در حوزه تولید نانو مواد مهندسی شده (ENMs)^۸ فعالیت می‌کند. این شرکت سالانه بیش از ۵ هزار سفارش دریافت می‌کند و از فروش محصولات خود حدود ۴۸۹ هزار دلار درآمد دارد. دفتر مرکزی این شرکت در هند واقع شده و در سایر کشورها شرکت فرعی (شرکت Nanoshel LLC در آمریکا) تاسیس نموده است. این شرکت در نظر دارد تا ۲۰۲۴ به اصلی‌ترین قطب تامین نانو مواد در اروپا تبدیل شود. شرکت Nanoshel LLC در حوزه تولید تولید نانو مواد در قرن ۲۱ ابتکار عمل را در دست دارد. در سال ۲۰۱۳ تقاضای

^۱ Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference

^۲ Metal-Organic Frameworks for Water Harvesting from Air Anywhere, Anytime

^۳ Proton Exchange Membrane

^۴ Perfluorosulfonic Acid

^۵ Covalent Organic Framework

^۶ Proton Exchange Membrane Fuel Cell

^۷ Intelligent Materials Pvt Limited

^۸ engineered nanomaterials

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

جهانی برای نانو مواد حدود ۳/۶ میلیارد دلار بوده و سالانه ۲۱ درصد افزایش می‌یابد و طبق پیش‌بینی این شرکت، تا ۲۰۲۵ تقاضای جهانی برای نانو مواد به بیش از ۳۴ میلیارد دلار می‌رسد. بازار مراقبت‌های بهداشتی و لوازم الکترونیکی از اصلی‌ترین بازارهای مصرف نانو مواد است. در سال ۲۰۱۴ بیش از ۵۰ درصد فروش شرکت Nanoshel به کشور آمریکا و ژاپن و حدود ۳۴ درصد مربوط به دو کشور آسیای تاییوان و کره جنوبی بود. با توجه به روند فعلی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ چین پس از آمریکا، دومین بازار مصرف نانومواد در جهان باشد و حدود ۱۲ درصد از کل بازار مصرف را به خود اختصاص دهد.

محصولات این شرکت در ۱۲ گروه اصلی شامل نانو پودر، میکرو پودر، کوانتوم‌دات، مواد کربنی متخلخل، کودها و سموم دفع آفات، و ... طبقه‌بندی شده‌اند. چهارچوب‌های فلز-آلی زیرمجموعه گروه ترکیبات است و برای کاربردهای متنوعی از قبیل دارورسانی، ذخیره گاز و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بین ۱۰ هزار MOF شناخته شده، خانواده MIL (Fe-MOFs) بهترین گزینه برای ذخیره و آزادسازی کنترل شده مولکول‌های مهم بیولوژیکی است. MOF‌هایی که برای کاربرد ذخیره‌سازی و رهایش کنترل شده مواد می‌بایست زیست سازگار باشد و اندازه ذرات با دقت کنترل شود تا بصورت یکنواخت و کمتر از صد نانومتر باشد. در تصویربرداری‌های پزشکی مانند MRI که وابسته به دوزهای زیادی از مواد حاجب است تا بین بافت‌های طبیعی و غیر طبیعی تمایز قائل شود. MOF‌ها زیست تخریب پذیر بوده و تخلخل زیاد، آن‌ها را برای رهایش هدفمند این عوامل ایده آل می‌کند. همچنین مساحت سطح فوق العاده زیاد MOF‌ها و تغییر در ساختار نانو متخلخل آن‌ها، این مواد را به یک گزینه ایده آل برای تشخیص آنالیت‌ها در حسگرها تبدیل می‌کند. MOF‌ها می‌توانند برای بسیاری از چالش‌هایی که انواع حسگرها با آن مواجه‌اند، غلبه کند. کاربرد MOF‌ها در حوزه زیست پزشکی ارتباط مستقیمی با میزان پایداری و سمیت آن‌ها دارد. تا کنون پایداری طولانی مدت MIL-۱۰۰-Fe در محلول‌های بیولوژیکی اثبات شده، در حالیکه MOF-۵ پایداری بسیار کمی در محیط‌های مرطوب دارد. این شرکت بیش از ۲۰ محصول از MOF‌ها تجاری نموده که در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۷- محصولات شرکت Nanoshel

ردیف	نام محصول	کاربرد به تفکیک حوزه صنعت						
		غذایی	ذخیره‌سازی گازها	رساناها	کاتالیزور	حسگر	تصفیه	بهبود منسوجات
۱	ZIF-۸	- کنترل کیفیت (مانند کنترل رطوبت) - مدیریت طول عمر مواد غذایی (مانند آزادسازی و سرکوب عوامل رسیدن میوه) - رهایش مواد زراعی (مانند کود و ...)	- گاز طبیعی، هیدروژن و ... - سیستم‌های گاز سمی و واکنش‌پذیر (مانند سیستم ذخیره‌سازی زیر فشار اتمسفر) - جذب و تجزیه کربن (CCS)^۱	- الکترونیک - باتری‌ها (مانند الکتروود، الکترولیت و ...) - دستگاه‌های الکترونیک نوری (مانند شلول‌های خورشیدی) - مواد افزودنی	- ان-کپسوله کردن گونه‌های فعال کاتالیزوری - گزینش‌پذیری و فعالیت زیاد - نگهدارنده کاتالیزور	- تشخیص مولکول‌های گاز، بخار و مولکول‌های کوچک - مواد لومینسانس (مانند جرقه) - تشخیص‌های پزشکی - تشخیص مواد منفجره	- جداسازی (هیدروکربن‌ها، H_2, O_2, CO_2, H_2S, NH_3) - سموم و ...) - خالص‌سازی - حذف ناخالصی‌ها و حذف بو - فیلتر کردن گونه‌های مولکولی	- مواد افزودنی - حفاظت شخصی - حفاظت - شیمیایی، بیولوژیکی، رادیولوژی و هسته‌ای (CBRN)^۲
۲	MIL-۵۳-Al							
۳	MIL-۱۰۰-Cr							
۴	MIL-۵۳							
۵	Cu(HKUST-۱)							
۶	MIL-۸۹							
۷	Mn-MOF							
۷	Mn-MOF							
۸	SnO ₂ -MOF							
۹	MIL-۴۷-V							
۱۰	Ni-MOF							
۱۱	MIL-۱۰۱-Cr							
۱۲	MOF-۱۴-Cu							
۱۳	Dy-MOF							
۱۴	MOF-۷۶-Eu							
۱۵	Zn-BDC-MOF							
۱۶	MOF-۵, IRMOF-۱							

¹ Carbon capture and sequestration

² Chemical, biological, radiological and nuclear

کاربرد به تفکیک حوزه صنعت								نام محصول	ردیف
جذب گاز و مایع	بهبود منسوجات	تصفیه	حسگر	کاتالیزور	رساناها	ذخیره‌سازی گازها	غذایی		
								MOF-۱۷۷-Zn	۱۷
								NH ₂ -MIL-۱۲۵-Ti	۱۸
								CPO-۲۷-Ni	۱۹
								Sm-MOF	۲۰
								MOF-۸۰۱-P	۲۱
								Co-MOF-۷۴	۲۲
								Zn-MOF-۷۴	۲۳
								Ni-MOF-۷۴	۲۴

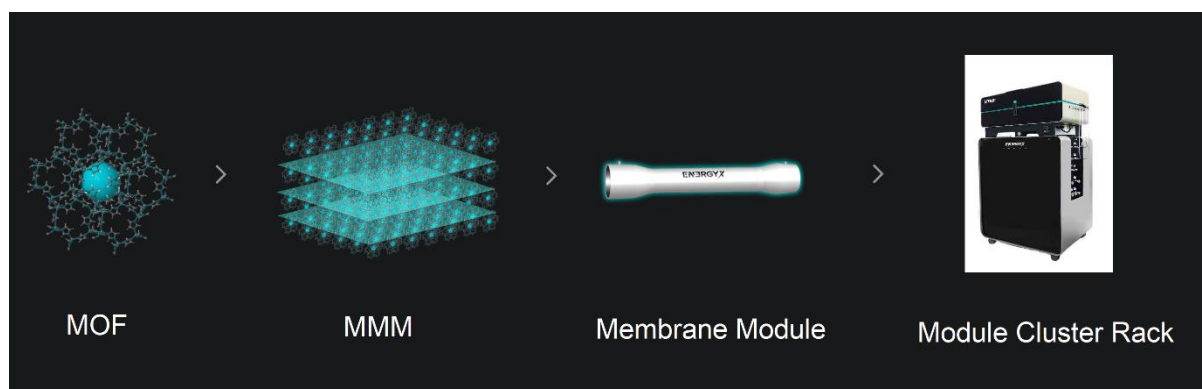
۲۳.۳. شرکت EnergyX



این شرکت بزرگترین چالش‌های روز جهان را مورد بررسی قرار می‌دهد و به دنبال راه‌حلی برای این چالش‌هاست. مولفه X در انتهای نام این مجموعه مربوط به موارد مجهولی است که در آینده، چشم انداز تولید انرژی و محصولات شیمیایی در اروپا را تامین می‌کند و جایگزین منابع فسیلی می‌گردد. بطور مثال یکی از چشم اندازهای این شرکت بررسی امکان کارآمد تبدیل انرژی خورشیدی و انرژی باد به انرژی شیمیایی در مقیاس صنعتی بوده و برای این منظور نیازمند کشف کاتالیزورها و روش‌های تبدیل یکپارچه است. به این ترتیب با جایگزین نمودن انرژی‌های تجدیدپذیر، محصولاتی اقتصادی و کارآمد توسعه می‌یابد و به دنبال آن تأثیرات منفی بر تنوع زیستی، انتشار مواد سمی و ضایعات به حداقل می‌رسد.

بزرگترین منبع لیتیم جهان در آمریکای جنوبی (بخشی بین شیلی، آرژانتین و بولیوی) واقع شده و بیش از ۷۵ درصد کل لیتیم جهان در این منطقه متمرکز است. لیتیم یک ماده ویژه است که بواسطه ویژگی‌های منحصر بفرد خود سبب تغییر در صنعت انرژی شده و استخراج مقرون بصرفه آن بسیار حائز اهمیت است. تولید لیتیم از طریق انتقال و جداسازی یون لیتیم، بوسیله تکنولوژی LiTAS^۱ که مخصوص این شرکت است، انجام می‌شود. این فرایند به کمک MOFها که قادرند یون‌های تک ظرفیتی مانند لیتیم را به صورت گزینشی از سایر یون‌ها، در ماتریس محلول‌هایی با شوری زیاد جدا نمایند و در عین حال پایداری خود را در انواع شرایط محیطی حفظ کنند، انجام می‌شود. تا کنون فناوری دیگری قادر به این جداسازی نبوده است. تکنولوژی LiTAS، ساخت و اختصاصی نمودن غشا ماتریس مخلوط (MMM)^۲ است و به بیان ساده‌تر مخلوطی از پلیمرها و MOFها برای ایجاد گزینش‌پذیری و خواص میکانیکی زیاد است. این شرکت با استفاده از یک روش مقیاس‌پذیر چهار چوب‌های فلز-آلی را با پلیمرها ترکیب کرده و در نهایت غشا ماتریس مخلوط را به شکل یک فیلم نازک تولید می‌کند. در تصویر زیر مراحل تولید دستگاه LiTAS بصورت شماتیک نشان داده شده است که هر مرحله شامل فرایندهای زیر است.

- MOF: اتصال نانوذرات فلزی از طریق لینکرهای آلی به عنوان یک جداکننده ذرات با اندازه مشخص
- MMM: ایجاد شبکه بهم پیوسته از MOFها که توسط یک پلیمر در کنار هم قرار گرفته‌اند.
- Membrane Module: ورقه‌های بزرگی از MMM در یک ماژول برای جداسازی یون لیتیم کنار هم قرار گرفته‌اند.
- Module Cluster Rack: هزاران واحد استخراج یون لیتیم در کنار هم قرار گرفته‌اند.



تصویر ۵- مراحل تولید دستگاه LiTAS

محدودیت سایر روش‌های جداسازی مانند عدم گزینش‌پذیری در روش اسمز معکوس، عدم جداسازی یون‌ها در محیطی با شوری بیش از ۱۰ درصد در روش نانو فیلتراسیون (علی‌رغم گزینش‌پذیر بودن این روش در محیط‌هایی با شوری زیاد نیازمند رقیق‌سازی با آب شیرین است که

¹ Lithium Ion Transport and Separation

² mixed matrix membranes

مصرف برق آن قابل توجه است)، و ... سبب شده فناوری LiTAS موثرتر از هر فناوری دیگری امکان جداسازی بهینه یون‌ها (جداسازی سریع و بازدهی زیاد) را فراهم آورد. در جدول زیر فناوری LiTAS با سایر روش‌های جداسازی رایج مقایسه شده است.

جدول ۸- مقایسه فناوری LiTAS با سایر روش‌های متداول جداسازی

غشا EnergyX	جذب یونی	رزین مبادله یون	نانو فیلتراسیون	اسمز معکوس	نشر اسمزی
✓	✓	✓	-	-	-
✓	✓	✓	✓	-	-
✓	✓	-	-	-	✓
✓	-	-	✓	✓	✓
✓	✓	✓	-	-	-
✓	-	-	✓	✓	✓
✓	-	-	-	-	✓
✓	-	-	✓	✓	-
✓	-	-	-	✓	-
✓	-	-	✓	✓	✓

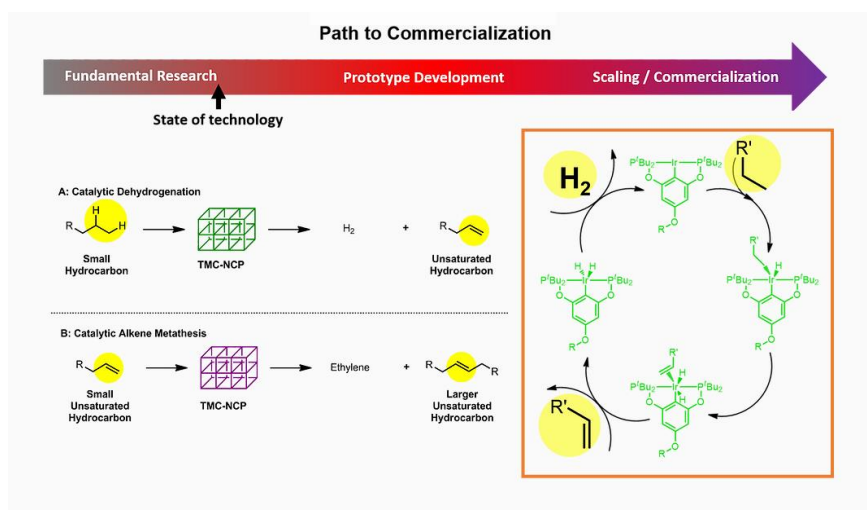
شرکت EnergyX یکی از بازیگران اصلی در زنجیره ارزش ذخیره انرژی در جهان است. این شرکت در حوزه تولید باتری‌های لیتیومی با ظرفیت ذخیره انرژی بیشتر، وزن کمتر و عمر طولانی‌تر فعالیت می‌کند. همانطور که قبلاً اشاره شد، این شرکت در حال همکاری با شرکت ProfMOF در زمینه توسعه کاربردهای MOF در حوزه استخراج لیتیم، ذخیره انرژی به کمک باتری‌های لیتیم یون و ... است. این شرکت از سال ۲۰۱۲ فعالیت خود را آغاز نموده و سالانه حدود ۱/۳۴ میلیون دلار از محل فروش محصولات خود درآمد دارد.

۲۴.۳. شرکت PanaceaNano

PanaceaNano در سال ۲۰۱۵ توسط Youssry Botros (مدیر تحقیقات سابق شرکت Intel در زمینه فناوری نانو) و Fraser Stoddart (برنده نوبل ۲۰۱۶ و پیشگام در زمینه نانو مواد کاربردی و مکانیزه)، تاسیس شد. این شرکت در زمینه فناوری نانو و طراحی و ساخت نانو مواد و سیستم‌های کاربردی بروز تمرکز دارد و در حوزه‌های مختلف از جمله بیوتکنولوژی، تولید و ذخیره انرژی و الکترونیک فعالیت می‌کند و سالانه ۲۲۳ هزار دلار درآمد دارد. این شرکت چندین فناوری ثبت اختراع را توسعه داده و استارت‌آپ‌های جدیدی را از طریق تحقیق و توسعه فناوری در زمینه‌های مختلف فناوری نانو، تحت چهار شاخه اصلی، انرژی، نانو الکترونیک، نانو بیوتکنولوژی و نانو مواد ایجاد کرده است.

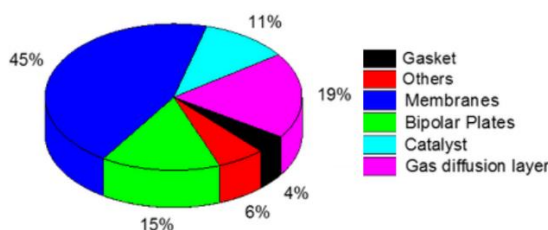
برای جایگزین نمودن هیدروژن بجای سوخت‌های فسیلی جهت تولید انرژی، باید مکانیزم‌های ذخیره و آزادسازی هیدروژن کارآمد و موثر شود. هیدروژن‌زدایی از مولکول‌های اشباع و تجزیه در شرایط ملایم منجر به تولید هیدروژن و مولکول‌های غیر اشباع می‌شود. استفاده از پلیمرهای کتوردینه شده نانو متخلخل (NCP)^۱ اصلاح شده که حاوی کاتالیزور برای فرایند هیدروژن‌زدایی بوده و امکان ذخیره‌سازی هیدروژن تولید شده را فراهم می‌کنند، مورد توجه است. این مواد نیاز به مخازن ذخیره‌سازی ایمن هیدروژن را حذف می‌کنند و از طرفی میزان تولید گازهای گلخانه‌ایی را که در سایر روش‌های تولید هیدروژن، (در این روش‌ها میزان انرژی مورد نیاز برای تولید هیدروژن از انرژی که هیدروژن تولید شده آزاد می‌کند بیشتر است) وجود دارد، به حداقل می‌رساند. همچنین بواسطه تولید آلکن‌های سبک‌تر امکان تولید بنزین از گازهای سبک‌تر مانند پروپان فراهم می‌شود. این تکنولوژی در مرحله تحقیق و توسعه است.

¹ Nanoporous Coordination Polymers



تصویر ۶- مراحل فرایند تولید هیدروژن با استفاده از NCP

سلول‌های سوختی یکی دیگر از منابع ایمن تجدیدپذیر بوده که نوع سلول سوختی غشا تبادل یون (PEMFC) در زمینه‌های مختلفی از جمله حمل و نقل، دستگاه‌های الکترونیکی شخصی و ... کاربرد دارد. هزینه زیاد غشا و عمر کوتاه این سلول‌ها مانع از بکارگیری گسترده آن‌ها شده است. بررسی‌های این شرکت نشان می‌دهد سهم قابل توجهی از هزینه سلول سوختی غشا مبادله یون، مربوط به غشا است.



تصویر ۷- مقایسه هزینه بخش‌های مختلف سلول سوختی

این شرکت قصد دارد تا با بکارگیری MOFها و آلومینیم سیلیکات مزوحفره در غشاهای مبادله یون هزینه غشا را کاهش داده و عمر مفید سلول سوختی را افزایش دهد. همچنین علاوه بر حوزه‌های ذخیره‌سازی هیدروژن و سلول‌های سوختیف در زمینه‌های مختلفی از جمله سلول‌های خورشیدی، ابرجاذب‌ها، باتری‌ها، حافظه مولکول، دارو، رسانه، مواد متخلخل، کاتالیزورهای آلی و ... فعالیت می‌کند.

۲۵.۳. شرکت Strem Chemicals



این شرکت از سال ۱۹۶۴ در ایالات متحده در زمینه تولید و عرضه مواد شیمیایی با خلوص زیاد (۹۹ درصد و بیشتر) برای حوزه‌های مختلف شامل بخش‌های تحقیقاتی دانشگاهی، آزمایشگاه‌ها، بخش‌های مختلف صنعت داروسازی، میکرو الکترونیک، پتروشیمی و ... فعالیت می‌کند. این مجموعه ۶ شرکت زیرمجموعه دارد و سالانه حدود ۲۵/۵

میلیون دلار از محل فروش محصولات خود درآمد دارد. تخصص اصلی این شرکت در حوزه مواد معدنی، آلی فلزی، فلزات و نانو مواد در قالب کاتالیزور برای سنتزهای شیمیایی، رسوب لایه اتمی (ALD) و ... است و بیش از ۶۰۰۰ محصول در این بخش به بازار عرضه نموده است. همچنین حدود ۱۸ محصول MOF برای کاربردهای مختلف تحقیقاتی و صنعتی توسط این مجموعه تولید می‌شود که در جدول زیر قابل مشاهده است. همچنین انواع متفاوتی از لیگندها که برای ساخت MOFها لازم است، توسط این مجموعه تولید می‌شود.

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول - بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

جدول ۹- محصولات MOF شرکت Strem Chemicals

ویژگی‌ها و کاربرد	نام علمی	نام محصول	ردیف
- جذب آب - جاذب در فرایندهای تبادل حرارتی	Aluminum hydroxide isophthalate MOF	CAU-۱۰	۱
- جذب متان و CO₂ - جذب هیدروکربن	Aluminum hydroxide terephthalate MOF	MIL-۵۳-Al	۲
- جداسازی و جذب CO₂ - در واکنش تراکمی نووناگل^۱	Tris[μ-(2-amino-1,4-benzenedicarboxylato(2-)-)]diaquachloro-μ3-oxotri-aluminum MOF	MIL-۱۰۱-Al-NH ₂	۳
- جداسازی، جذب و ذخیره CO₂ - ذخیره هیدروژن - جذب آمونیاک	Copper benzene-1,3,5-tricarboxylate MOF	Cu-HKUST-۱	۴
حساس به هوا	Bis(1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane)tetra(copper(I) iodide) (CuI) ₄ (DABCO) ₂	-	۵
حساس به رطوبت	Bis(N,N'-dimethylpiperazine)tetra[copper(I) iodide], MOF	-	۶
حساسیت شدید به رطوبت	(Hexamethylenetetramine)penta[copper(I) cyanide], MOF	-	۷
- ظرفیت زیاد ذخیره گاز (متان و هیدروژن) - در سیستم‌های تصفیه گاز - پایداری در گستره pH ۱ تا ۱۱ - پایداری در محلول‌های آبی و خنثی	Iron azobenzene tetracarboxylic	Porous-[PCN-۲۵۰-Fe] (AYRSORB™ F۲۵۰)	۸
- پایداری حرارتی در محلول‌های آبی - پایداری شیمیایی - جذب و جداسازی گاز - کاتالیزور	Iron(III) 1,3,5-benzenetricarboxylate hydrate	MIL-۱۰۰-Fe (KRICT F۱۰۰)	۹
- پایداری حرارتی بسیار زیاد - مورد مصرف در اهداف تحقیقاتی	Hexakis[μ-(2-amino-1,4-benzenedicarboxylato)][tetra-μ-hydroxyocta-μ-oxooctatitanium]	MIL-۱۲۵-Ti-NH ₂ (AYRSORB™ T۱۲۵)	۱۰
- جداسازی آلکان‌ها، آلکن‌ها و ترکیبات آروماتیک، ایزومرها و ترکیبات دوتایی (پروپیلن-پروپان) - کاتالیزور - تصفیه گاز (در غشای مخلوط ماتریس) - برای تفکیک متان و CO₂، در غشای جداسازی هیدروژن	Zinc 2-methylimidazole MOF	ZIF-۸	۱۱
ذخیره هیدروژن و متان	Zirconium trans-1, 2-ethylenedicarboxylic acid MOF	UiO-۶۶-FA	۱۲

¹ Knoevenagel condensation

ردیف	نام محصول	نام علمی	ویژگی‌ها و کاربرد
۱۳	UiO-۶۶-FA	Zirconium Fumarate MOF	- جذب آب برای کاربردهای رطوبت‌زدایی، باتری‌های حرارتی و آب‌رسانی در مناطق دور افتاده - برداشت آب از هوا - تحت گواهی Inven۲ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.
۱۴	UiO-۶۶-BDC	Zirconium benzenedicarboxylate MOF	- پایداری بسیار زیاد - تحت گواهی Inven۲ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.
۱۵	UiO-۶۶-BDC-NH ₂	Zirconium aminobenzenedicarboxylate MOF	- جذب CO₂ - کاتالیزور تبدیل عوامل سمی به مواد غیر سمی - تحت مجو - تحت گواهی Inven۲ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.
۱۶	UiO-۶۶-BDC-COOH	Zirconium trimellitate MOF	- جذب CO₂ - افزایش ظرفیت جذب آمونیاک - تحت گواهی Inven۲ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.
۱۷	UiO-۶۶-BPDC/UiO-۶۷	Zirconium biphenyldicarboxylate MOF	- پایداری در برابر آب، دما و فشار زیاد، حلال‌های مختلف (حلال‌های اسیدی و بازی) - جذب بخار آب برگشت‌پذیر - جذب متان - تحت گواهی Inven۲ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.
۱۸	UiO-۶۶	Zirconium 1,4-dicarboxybenzene MOF	پایداری در برابر حرارت، مواد شیمیایی و فشار

۲۶.۳. شرکت Lantha Sensors



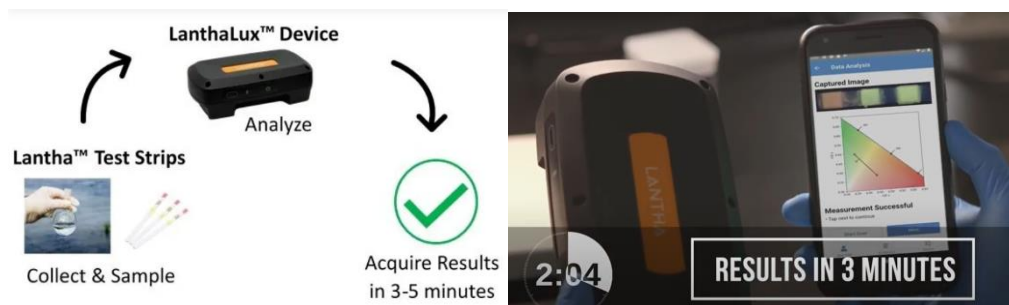
این استارت‌آپ آزمایشی در سال ۲۰۱۹ توسط گروهی از دانشمندان و فناوران دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تگزاس تاسیس شد. بصورت تخصصی در زمینه تولید حسگر فعالیت می‌کند و با بکارگیری چهار چوب‌های فلز-

آلی و PCM-۲۲^۱ (یک ماده حساس شیمیایی بسیار متخلخل، مساحت سطح بالا، حاوی یون‌های لانتانید و لینکرهای آلی مبتنی بر فسفین است) و صرف هزینه ۲/۶ میلیون دلار موفق به تولید محصولی با دقت زیاد (ppm)، سریع و کاربری آسان (عدم نیاز به نیروی متخصص) شده است. پلتفرم لانتان برای انواع تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی که با سرعت آهسته و هزینه زیاد (مانند تکنیک‌هایی FTIR، NMR، فلوریمتر و ...)

¹ Phosphine Coordination Material

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	سازمان توسعه فناوری نانو جمهوری اسلامی ایران
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

انجام می‌شوند، کاربرد دارد. تکنولوژی این حسگرها قابلیت اختصاصی شدن برای کاربردهای خاص را بر اساس سفارش دارند. دو بخش اصلی این پلتفرم نوارهای تست و دستگاه خوانشگر تشکیل شده است.



تصویر ۸- محصول شرکت Lantha

نوارهای تست، پس از آغشته شدن به محلول آنالیت در دستگاه LanthaLux قرار می‌گیرد و تجزیه و تحلیل داده‌ها در زمان ۳ تا ۵ دقیقه، در گوشی‌های هوشمند قابل مشاهده است. این پلتفرم قابلیت اختصاصی شدن برای کاربردهای متفاوت را دارد که در جدول زیر معرفی شده است.

جدول ۱۰- محصول شرکت Lantha

ردیف	نوع	کاربرد
۱	LanthaISO	- تشخیص ایزوتوپ‌های پایدار جهت افزایش کنترل کیفیت در فرایندهای غنی‌سازی - جایگزین مناسب برای دستگاه NMR - حساسیت زیاد نسبت به D_2O در تصفیه آب سنگین، داروهای حاوی دوتریم و کاربردهای صنعتی (مانند تشخیص میزان آلودگی آب‌های صنعتی)
۲	LanthaH ₂ O	- تشخیص میزان رطوبت در صنایع مختلف - جایگزین مستقیم تیتراسیون کارل فیشر^۱ بدون تولید ضایعات خطرناک هالوژنه - دقت بسیار زیاد در حلال‌های قابل امتزاج با آب
۳	LanthaFUEL	- تشخیص و تعیین میزان آلاینده‌های سوخت (مانند آب، گونه‌های حاوی گوگرد، متانول، اتانول و DEF^۲) - بهبود و اجرای آسان و آیین‌نامه‌های کنترل کیفیت در صنعت سوخت حمل و نقل هوایی، دریایی و جاده‌ای
۴	LanthaTEST	- قابلیت تشخیص برای طیف گسترده‌ای از آنالیت‌ها شامل بنزن، زایلن، تولوئن، نیترات، دیوکسین، ترکیبات گوگرد، سیانی، فلوراید، جیوه و ... - تشخیص انتخابی با دقت ppm
۵	LanthaLUX	دستگاه تجزیه تحلیل داده‌ها

۲۷.۳. شرکت Zoramat Solutions



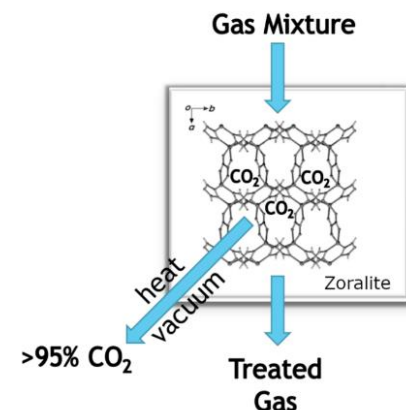
این استارت‌آپ در سال ۲۰۱۷ تاسیس شد و در حال تجاری سازی یک ترکیب شیمیایی (Zoralite) است که با نام تجاری CALF₂₀ شناخته می‌شود. این محصول ساختاری اسفنجی دارد و برای جذب گازها (مانند CO₂) و تصفیه گازهای

¹ Karl Fischer Titration

² Diesel Exhaust Fluid

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

زیستی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این محصول می‌تواند گاز ذخیره شده را در شرایط خاصی از دما و فشار آزاد کند. این محصول با هدف جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای طراحی و تولید شده است.



تصویر ۹- محصول شرکت Zoramat Solutions

۲۸.۳. شرکت Tokyo Chemical Industry



این شرکت از سال ۱۹۲۲ در ژاپن در زمینه تولید و عرضه مواد شیمیایی آزمایشگاهی فعالیت می‌کند و بیش از ۳۰ هزار محصول به بازار جهانی عرضه نموده است. در سال‌های اخیر توسعه محصولات این مجموعه در بخش‌های مواد دارویی، آرایشی، ترکیبات لومینسانس و کریستال‌های مایع نسبت به سایر محصولات چشمگیر بوده و علی‌رغم اینکه محصول MOF در بین تولیدات این شرکت وجود ندارد، اما در زمینه تولید مواد خام اولیه تولید MOF بسیار فعال است. تنوع ساختار و کاربرد در MOFها بیشتر بواسطه تنوع در لینکرهای سازنده آن اتفاق می‌افتد. این مجموعه طیف وسیعی از لینکرهای آلی مورد نیاز برای MOFها را در انواع اکسیژن‌دار (حدود ۸۷ محصول)، نیتروژن‌دار (حدود ۴۸ محصول) و ... برای مصارف تحقیقاتی و صنعتی به تولید و به بازار عرضه می‌کند.

۲۹.۳. شرکت TOTAL S.A

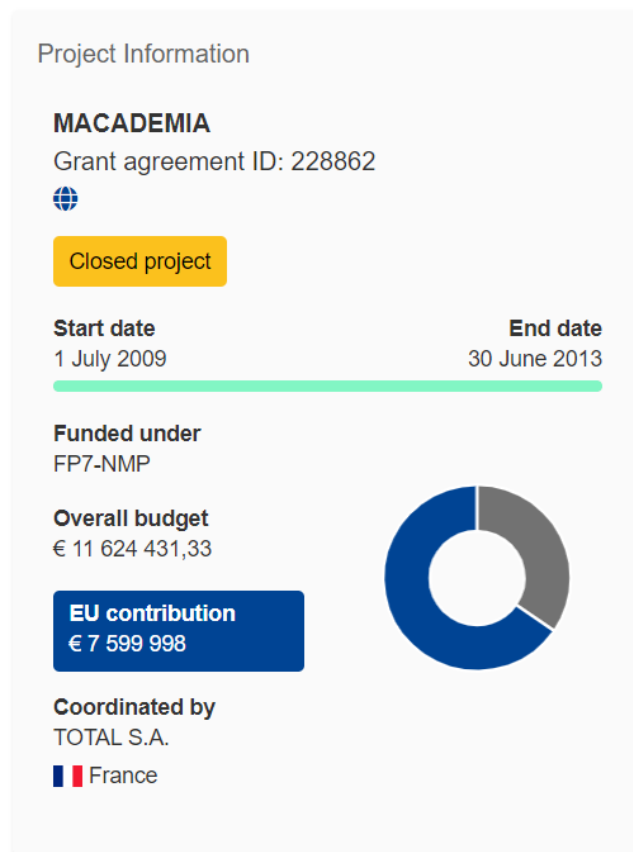


TOTAL S.A یک شرکت چندملیتی فرانسوی نفت و گاز و یکی از شش شرکت نفتی بزرگ در جهان است. این مجموعه در تمام بخش‌های زنجیره نفت و گاز، از اکتشاف و تولید نفت خام و گاز طبیعی تا تولید برق، حمل و نقل، پالایش، بازاریابی فرآورده‌های نفتی و تجارت بین‌المللی نفت خام و محصولات وابسته به آن فعال است و یکی از تولیدکنندگان بزرگ مواد شیمیایی در جهان محسوب می‌شود. صرفه‌جویی در انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی از طریق توسعه فرایندها و محصولات خاص مانند MOF، یکی از برنامه‌های بلندمدت این شرکت است و در تلاش است تا MOFها را در حوزه ذخیره و جداسازی گاز (پروپن-پروپان، جداسازی گازهای اسیدی، تصفیه CO₂ و H₂ و ...)، جداسازی مایع (جداسازی زایلن، بازیابی ترکیبات حاوی نیتروژن و گوگرد از هیدروکربن‌ها) و کاتالیزور (به عنوان کاتالیزور اسید لوئیس در پلیمریزاسیون اپوکسیدها و اکسیداسیون هیدروکربن‌ها)، تولید پلاستیک، خالص‌سازی سوخت، و ... توسعه دهد. این شرکت با ۱۱ شریک از بخش‌های تحقیقاتی دانشگاهی و شرکت‌های مختلف از سراسر دنیا تحت پروژه‌ای به نام MACADEMIA در این زمینه تحقیقاتی را به پایان رساندند. این پروژه در تکمیل پروژه DeSANNs (پروژه طراحی، ساخت و کاربردهای مواد نانو متخلخل جدید برای جداسازی و ذخیره پیشرفته گاز کربن دی‌اکسید) و با هدف تولید طیف وسیعی از MOFهای جدید و بهینه سازی آن‌ها برای کاربردهای ذکر شده

¹ Design, Synthesis and Applications of Novel Nanoporous Sorbents

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

در مقیاس انبوه شروع به کار کرد و و نتایج آن در قالب ۹۷ مقاله در ژورنال‌های مختلف به چاپ رسیده است. همچنین چندین اختراع نیز ثبت گردیده است.



تصویر ۱۰- اطلاعات پروژه MACADEMIA (منبع cordis.europa.eu)

۳.۰.۳. شرکت SiKEMIA



این شرکت فرانسوی از سال ۲۰۰۹ بصورت اختصاصی در زمینه بهبود کیفیت عملکرد سطح (از لحاظ فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) مواد فعالیت می‌کند و محصولات آن در صنایع مختلف هوانوردی (افزایش مقومت در برابر خوردگی)، آرایشی (افزایش کیفیت پیگمنت‌ها)، حوزه سلامت و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصلاح سطح چهارچوب‌های فلز-آلی بواسطه تغییر در ساختار لینکرهای آلی امکان‌پذیر است، لذا این شرکت در زمینه تولید انواع متفاوتی از لینکرهای آلی، بیش از ۵۰ محصول را تولید و به بازار عرضه نموده است. فعالیت‌های این شرکت در سه بخش محصولات (بیش از ۲۰۰ محصول اورگانو سیلیل و اورگانو فسفات در مقیاس گرم تا تن)، خدمات (ساخت محصول بر اساس سفارش، بهبود کیفیت سطح، آنالیز ترکیبات و تجزیه و تحلیل آن‌ها) و صدور مجوز می‌شود و از این طریق سالانه حدود ۳۵/۵ هزار دلار درآمد دارد.

۳.۱.۳. شرکت Nano Research Elements



این شرکت در سال ۲۰۰۵ توسط گروهی از متخصصان فناوری نانو در راستای توسعه انواع نانو مواد (شامل نانو سیم‌ها، نانو پودرهای مغناطیسی و نانو ذرات و کوانتوم دات‌ها و نانو مواد آلی شامل نانولوله‌های کربنی، گرافن و گرافن اکسید و فولرن‌ها) برای کاربردهای صنعتی و تحقیقاتی نظیر بیوتکنولوژی، الکترونیک، کشاورزی، پزشکی و ... تاسیس شد. از بین محصولات

شماره صفحه: ۲۸ از ۷۶	ویرایش چهارم آذر ماه ۱۴۰۰	شرکت توسعه بازار سام	
----------------------	------------------------------	----------------------	---

این شرکت حدود ۲۰ محصول MOF وجود دارد که در جدول زیر نشان داده شده است. این مجموعه علاوه بر محصولات نانویی، خدماتی نظیر سنتز سفارشی محصول، تکنیک‌های آنالیز محصولات و تجزیه و تحلیل آن‌ها را نیز ارائه می‌کند.

جدول ۱۱- محصولات شرکت Nano Research Elements

ردیف	محصولات
۱	MIL-۵۳-Al
۲	MIL-۱۰۰-Cr
۳	MIL-۱۰۱-Cr
۴	Cu(HKUST-۱)
۵	MOF-۱۴-Cu
۶	Dy-MOF
۷	MOF-۷۶-Eu
۸	Ferrous MOF
۹	IRMOF-۲۰
۱۰	MOF-۵-Fe
۱۱	MOF-Mn
۱۲	MIL-۸۹
۱۳	Ni-CPO-۲۷
۱۴	Ni-MOF
۱۵	Sm-MOF
۱۶	Tb-MOF-۷۶
۱۷	Sn-MOF
۱۸	Ti-MOF
۱۹	V-MIL-۴۷
۲۰	Zn-ZIF-۸
۲۱	Zinc-ZIF-۸
۲۲	MOF-۸۴۱

۳۲.۳. شرکت Merck



شرکت Merck، بیش از ۱۳۰ سال در زمینه تحقیقات و تولید انواع مواد دارویی و بیوشیمی و همچنین واکسن‌ها فعالیت دارد. محصولات این شرکت برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌های عفونی و سرطان‌ها مانند HIV، بیماری ابولا و ... بکار می‌رود. در میان محصولات این شرکت، چهارچوب‌های فلز-آلی یافت نشد.

۳۳.۳. شرکت Bosch



Bosch یک شرکت الکترونیک و مهندسی چند ملیتی در جهان است که قطعات خودرو و محصولات صنعتی بسیاری را تولید می‌کند. دفتر مرکزی این مجموعه در آلمان بوده و یکی از بزرگترین تامین کنندگان

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 رابست جمهوری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

قطعات خودرو در جهان محسوب می‌شود. این شرکت به دنبال ارائه راهکارهایی برای ارتقای سیستم حمل و نقل، کیفیت لوازم خانگی و ارتقای فناوری در صنایع است و تا کنون شواهدی مبنی بر تحقیق یا تولید محصول در گروه چهارچوب‌های فلز-آلی ارائه نکرده است.

۳۴.۳. شرکت Samsung Electronics



سامسونگ، یک شرکت کره‌ای است که از سال ۱۹۶۹ فعالیت خود را آغاز کرد و در حال حاضر یکی از بزرگترین تولیدکنندگان دستگاه‌های الکترونیکی در جهان است. سامسونگ در تولید انواع مختلفی از لوازم الکترونیکی مصرفی و صنعتی از جمله لوازم خانگی، دستگاه‌های رسانه دیجیتال، نیمه هادی‌ها، تراشه‌های حافظه و سیستم‌های یکپارچه تخصص دارد. طبق گزارش منتشر شده در سایت Research & Markets که در آگوست ۲۰۲۰ تحت عنوان بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی^۱ این شرکت یکی از مجموعه‌های فعال در زمینه تحقیقات بروی MOFهاست. همچنین در آگوست ۲۰۱۹ در یک گزارش خبری که توسط سایت kaist.ac کره، تحت عنوان شناسایی الگوریتم‌های بهینه ترکیب چهارچوب‌های فلز-آلی^۲ منتشر شده، این شرکت در حال تحقیق و بررسی در خصوص ارزیابی عملکرد MOFها بصورت کاپوزیت است. طبق این گزارش ترکیب MOFها با سایر نانو مواد یا MOFهای دیگر منجر به ایجاد کاربردهای چند منظوره می‌شود. تیم تحقیقاتی پروفیسور کیم^۳ هزاران MOF را مورد ارزیابی قرار دادند. با این حال در میان محصولات این شرکت محصولی در رابطه با MOFها مشاهده نشد.

۳۵.۳. شرکت Chemsoon



شرکت Chemsoon، واقع در پارک فناوری Zhangjiang از سال ۲۰۱۲ در زمینه تولید، طراحی و سنتز سفارشی مواد شیمیایی فعالیت می‌کند. این شرکت انواع MOFها، COFها^۴، لینکرهای MOF و COF، پلیمرها و سایر مواد شیمیایی را به بازار عرضه می‌کند. لیست محصولات MOF این مجموعه در جدول زیر گزارش شده است.

¹ Metal-organic Frameworks: Global Markets

² Algorithm Identifies Optimal Pairs for Composing Metal-Organic Frameworks

³ Ji-Han Kim

⁴ Covalent organic frameworks

جدول ۱۲- محصولات شرکت Chemsoon

ردیف	محصولات	کاربرد
۱	MIL-۱۰۱-Fe-NH ₂	- جذب گاز CO₂ و آلاینده‌ها - کاتالیزور اسید لوئیس
۲	MIL-۱۰۱-Fe	
۳	MIL-۱۰۰-Fe	
۴	MIL-۸۸B-Fe-NH	
۵	MIL-۸۸B-Fe	
۶	MIL-۶۸-Fe	
۷	MIL-۵۳-Fe-NH ₂	
۸	MIL-۵۳-Fe	
۹	MIL-۸۸A-Fe	
۱۰	PCN-۲۵۰-(Fe ₂ Co)	
۱۱	PCN-۲۵۰-Fe	
۱۲	PCN-۶۰۰-Fe	
۱۳	MIL-۱۰۰-Fe و (free Fe)	
۱۴	HKUST-۱(Cu)	- جذب گاز CO₂ و آلاینده‌ها - کاتالیزور بازی
۱۵	SIFSIX-۱-Cu	جذب گاز CO ₂ و SO ₂
۱۶	SIFSIX-۲-Cu-i	جداسازی گاز (اتان-اتیلن)
۱۷	SIFSIX-۳-Cu	جذب گاز CO ₂ و SO ₂
۱۸	CPL-۱	- جذب و جداسازی گاز (مانند CO₂، استیلن-اتیلن) - برای انتقال یون
۱۹	CPL-۲	
۲۰	CPL-۵	
۲۱	Cu(QcQc)	رسانای ۲D^۱
۲۲	Cu-HHTP	
۲۳	Cu-HHB	-
۲۴	DUT-۸-Cu	
۲۵	Bis(N,N'-dimethylpiperazine)tetra[copper (I) iodide]	-
۲۶	Bis(1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane)tetra(copper(I) iodide) (CuI) ₄ (DABCO) ₂	-
۲۴	Al-PMOF	- حامل کاتالیزور - جذب گاز و آلاینده‌ها - فتوکاتالیست تبدیل O₂ به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی
۲۵	MIL-۶۸-Al	جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها در محلول‌های آبی

¹ 2D Conductive MOFs

 وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs) بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی
--	-----------------------------	--

ردیف	محصولات	کاربرد
		• کاتالیزور اسید لوئیس
۲۶	MOF-۳۰۳-Al	• جذب گازها و آلاینده‌ها مانند یون‌های فلزات • کاتالیزور اسید لوئیس • جاذب آب در رطوبت کم و خشک‌کننده صنعتی
۲۷	Al-bttotb	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • جداسازی ایزومرهای آلکان
۲۸	PCN-۳۳۳-Al	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • حامل مولکول‌های دارو، پپتید و آنزیم‌ها
۲۹	Al-Fum	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس
۳۰	CAU-۲۱	• جذب گازها مانند و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل • حامل مولکول‌های دارو (به راحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۳۱	DUT-۵	• -
۳۲	MIL-۵۳-Al	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس
۳۳	MOF-۲۵۳-Al	• جذب گازها و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس و فتوکاتالیست فعال (با بکارگیری فلزاتی مانند Pt ، Cu ، Pd)
۳۴	MIL-۱۰۱-Al-NH	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها
۳۵	MIL-۹۶-Al	• -
۳۶	MIL-۱۰۰-Al	• -
۳۷	CAU-۱-NH ₂	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • حامل کاتالیزور
۳۸	CAU-۱۰	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها در مقیاس زیاد • حامل کاتالیزور
۳۹	ZIF-۷۰	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۴۰	ZIF-۶۹ (MOF-۵ یا IRMOF-۱)	• جذب گازها و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل • حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۴۱	ZIF-۱۱	• جداسازی و ذخیره گاز H₂ • همراه نیتروژن دوپ شده در ساختار برای جذب گازها مناسب است.
۴۲	ZIF-۱۴	• جذب گازها و آلاینده‌ها

	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs) بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی
---	------------------------------------	--

ردیف	محصولات	کاربرد
		• حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۴۳	IRMOF-۹	• جذب گازها و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل • حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۴۴	IRMOF-۸	• -
۴۵	ZIF-۶۸	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها
۴۶	ZIF-۹۰	• حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۴۷	ZIF-۶۴	• -
۴۸	ZIF-۷	• ذخیره و جداسازی گاز H₂ • جداسازی اتان-اتن • همراه نیتروژن دوپ شده در ساختار برای جذب گازها مناسب است.
۴۹	MOF-۱۷۷	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • جاذب کارآمد متان و هیدروژن
۵۰	IRMOF-۳	• جذب گازها و آلاینده‌ها • کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل
۵۱	MOF-۵	• حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۵۲	ZIF-۸	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۵۳	Uio-۶۶-F ₄	• -
۵۴	Uio-۶۶-DMSA	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • حذف یون‌های فلزات سنگین مانند Hg²⁺
۵۵	NU-۱۰۰۳	• ان-کپسوله کردن آنزیم‌ها و آلودگی‌های مولکولی بزرگ • حامل کاتالیزور
۵۶	نام محصول ذکر نشده-فرمول محصول C ₄₈ H ₂₄ O ₃₈ Zr ₆	• -
۵۷	SH-Uio-۶۶	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • همراه با گروه‌های مرکاپتو در تحقیقات بیوشیمیایی آنزیم‌ها و پپتیدها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۵۸	ZIF-۶۲	• از جنس شیشه و در تحقیقات اپتیکی و حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۵۹	PCN-۱۲۸	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • برای جذب و آزادسازی مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها
۶۰	MIP-۲۰۲	• جذب گازها مانند CO₂ و آلاینده‌ها • هدایت خوب پروتون

	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs) بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی
---	------------------------------------	--

ردیف	محصولات	کاربرد
		• قابل تهیه در مقیاس ۱۰۰ گرم • امکان رسوب کردن بوسیله نیتروژن دوپ شده
۶۱	PCN-۲۲۳	• فتوکاتالیست تبدیل O_2 به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی • جاذب گاز و آلاینده‌ها • حامل کاتالیزور
۶۲	PCN-۲۲۲-H	• فتوکاتالیست تبدیل O_2 به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی • حامل احتمالی برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها • حامل کاتالیزور • جاذب گازها و آلاینده‌ها
۶۳	PCN-۷۷۷	• جاذب برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها • حامل کاتالیزور • جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2
۶۴	PCN-۲۲۴	• جاذب گاز پروپان و آلاینده‌هایی مانند Hg^{2+} • حساس به نور و مورد استفاده در تشخیص و عکس‌برداری سلول‌های سرطانی • تشخیص O_2، N_2 و Hg^{2+}
۶۵	Uio-۶۶-MSA	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • حذف یون‌های فلزات سنگین مانند Hg^{2+}
۶۶	NU-۱۰۰۰	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • حامل کاتالیزور
۶۷	Uio-۶۸-Zr	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • حامل کاتالیزور
۶۸	Uio-۶۶-(COOH) _۲	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • گروه‌های کربوکسیلیک اسید می‌تواند برای اتصال به پپتیدها و یا آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گیرد. • اتصال گروه‌های کربوکسیلیک اسید به یون‌های فلزی امکان ایجاد پروب فلزی
۶۹	Uio-۶۶-SO ₃ H	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • گروه‌های سولفونیک نقش کاتالیزور اسیدی و غشای کاتیونی دارد.
۷۰	PCN-۲۲۲-Fe	• جاذب گازها و آلاینده‌ها • جاذب برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها • فتوکاتالیست تبدیل O_2 به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی • حامل کاتالیزور
۷۱	MOF-۸۰۸	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 • فعالیت کاتالیزوری شبیه به پراکسیداز
۷۲	MOF-۸۶۷	• -
۷۳	Uio-۶۶	• جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2
۷۴	Uio-۶۷	• حامل کاتالیزور

ردیف	محصولات	کاربرد
۷۵	Uio-۶۶-COOH	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - گروه‌های کربوکسیلیک اسید می‌تواند برای اتصال به پپتیدها و یا آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گیرد. - اتصال گروه‌های کربوکسیلیک اسید به یون‌های فلزی امکان ایجاد پروب فلزی
۷۶	Uio-۶۶-BDC-NH ₂	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - تغییر گروه آمین ضمن حفظ ساختار MOF
۷۷	MIL-۱۲۵-Ti-NH	- جاذب گازها و آلاینده‌ها - فعالیت فتوکاتالیستی
۷۸	MIL-۱۲۵-Ti	- جاذب گازها و آلاینده‌ها - فعالیت فتوکاتالیستی برای تجزیه CO₂ و آلاینده‌های آلی
۷۹	F-Free-MIL-۱۰۱-Cr	جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂
۸۰	MIL-۱۰۱-Cr-NO ₂	-
۸۱	MIL-۱۰۱-Cr-SO ₃ H	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - گروه سولفونیک اسید به عنوان کاوشگر یون استفاده شود یا در مواد غشایی ترکیب شود.
۸۲	MIL-۱۰۱-Cr-NH ₂	جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂
۸۳	MIL-۱۰۱-Cr-ED	-
۸۴	MIL-۱۰۰-Cr	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - مناسب به عنوان حامل دارویی
۸۵	MIL-۵۳-Cr	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - کاتالیزور اسید لوئیس
۸۶	MIL-۱۰۱-Cr	جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂
۸۷	PCN-۲۵۰(Fe ₂ Co)	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - کاتالیزور اسید لوئیس آهن
۸۸	Mg-Gallate	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ و SO₂ - جداسازی اتان - اتیلن
۸۹	MOF-۷۴-Mn	جاذب گازها مانند CO₂ و متان و آلاینده‌های هوا
۹۰	Mg ₂ (dobpdc)	ناپایدار در آب
۹۱	MOF-۷۴-Ni	مناسب برای جذب و رهایش دارو
۹۲	MOF-۷۴-Co	
۹۳	MOF-۷۴-Mg	•
۹۴	Uio-۶۶-Ce	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - حامل کاتالیزور - کاتالیزور واکنش‌های اکسیداسیون
۹۵	Co(AIP)(BPY)	-
۹۶	DUT-۸-Co	-
۹۷	DUT-۸-Ni	-

ردیف	محصولات	کاربرد
۹۸	NbOFFIVE-۱-Ni	- جاذب گازها مانند CO₂ و H₂S و آلاینده‌های هوا - جداسازی پروپیلن-پروپان
۹۹	MIL-۱۲۴-In	- جذب گاز و آلودگی - شناسایی یون‌های فلزی و کاتیون‌هایی مانند NH₄⁺
۱۰۰	ZIF-۹	-
۱۰۱	ZIF-۶۷	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - حامل مولکول‌های دارو (به راحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)
۱۰۲	MOF-۸۰۱	- جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO₂ - قابلیت جذب رطوبت، جاذب آب و خشک کننده

این شرکت ۱۰۲ محصول MOF و صدها محصول مرتبط با MOFها مانند لینکرهای آلی تولید می‌کند. در جدول فوق برای برخی از MOFها کاربرد مشخصی ذکر نشده است. این شرکت در حال تحقیق و بررسی در خصوص کاربردهای این گروه است.

۳۶.۳. شرکت NovoMOF AG



این شرکت در سال ۲۰۱۷ در موسسه Paul Scherrer تأسیس شد و در زمینه تولید و توسعه چهارچوب‌های فلز-آلی فعالیت می‌کند. این مجموعه انواع تاسیسات تهیه MOFها را در اختیار دارد و انواع MOFها را برای کاربردهای مختلف صنعتی از جمله جاذب مایعات و گازها، ذخیره گاز، کاتالیزور، در رساناها، در حسگرها جهت شناسایی آنالیت، صنعت غذایی، تصفیه گاز و بهبود کیفیت صنایع نساجی، تولید و به بازار عرضه می‌نماید. این شرکت سالانه از محل فروش محصولات خود حدود ۱/۴۳ میلیون دلار درآمد دارد. برای دریافت لیست کامل محصولات این مجموعه لازم است تا با این مجموعه مکاتباتی صورت گیرد. برخی از محصولات این مجموعه که در وب سایت این شرکت معرفی شده‌اند در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۱۳- محصولات شرکت NovoMOF AG

ردیف	محصول	کاربرد
۱	Uio-۶۶	- در ترکیب با پلی آمید متخلخل برای ساخت غشاهای جداسازی (MMM) - جداسازی CO₂ و متان در فشار کم
۲	ZIF-۸	در ساخت غشاهای مورد استفاده در جداسازی گازها
۳	MIL-۱۰۱	
۴	MOF-Cr	
۵	MOF-۵۰۵	- ظرفیت جذب زیاد گاز CO₂ در فشار کم - ابر جاذب
۶	MOF-۷۴	
۷	Cu ₃ (BTC) ₂	
۸	MIL-۵۳-Al-TPA	MOFهای مبتنی بر Al، از آزادسازی کربن در فرایند بازیافت محصولات پلاستیکی و فلزی جلوگیری می‌کند.
۹	HKUST-۱	کاتالیزور
۱۰	MOF-۱۹۹	
۱۱	MOF-Co	
۱۲	NU-۱۱۰۰	جداسازی گازها

۳۷.۳. شرکت Green Science Alliance



این شرکت از سال ۲۰۱۱ در زمینه تولید مواد شیمیایی پیشرفته در حوزه انرژی و علوم محیط زیست در حال فعالیت است. این شرکت متعلق به مجموعه Fuji Pigment، بوده و محصولات آن در بخش‌های مختلف نظیر سلول‌های خورشیدی، باتری‌های قابل شارژ (مانند باتری لیتیوم یون)، خازن، پیل سوختی، دستگاه‌های ترموالکترونیک، انواع مختلف کاتالیزور، نانو مواد (کوانتوم دات‌ها)، مایع یونی و ... توسعه یافته است. محصولات MOF این مجموعه برای کاربردهای زیر تولید و به بازار عرضه شده‌اند.

- جداسازی گاز هیدروژن، متان و کربن دی‌اکسید
- ذخیره و جداسازی مولکول و یون بصورت گزینشی
- کاتالیزور جامد
- آزادسازی کنترل شده گاز
- حمل و نقل
- الکترولیت
- حسگرها
- جذب آب، بخار آب و رهایش آن
- جذب یون فلزی

محصولات MOF تولید شده توسط این شرکت در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۱۴- محصولات شرکت Green Science Alliance

ردیف	محصول
۱	GS- MOF-Uio-۶۶
۲	GS-MOF-ZIF--۸
۳	GS-MIL-۱۰۰
۴	GS-MOF-۷۴-Ni
۵	GS-MOF-۱۰۱-Cr
۶	GS-MOF-۷۴-Cu
۷	GS- MOF-Cu (BTC)
۸	GS-MOF-۸۰۱
۹	GS- MOF-Uio-۶۷

۳۸.۳. شرکت SyncMOF



این استارت‌آپ از سال ۲۰۱۹ فعالیت خود را در زمینه توسعه و تولید نانو مواد متخلخل و محصولات مرتبط با صنایع گاز آغاز نمود. این شرکت موفق به تولید محصول DehumOF شد. این MOF با توان جذب آب و رطوبت‌زدایی فوق العاده قابلیت سفارشی سازی بر حسب نیاز صنایع را دارد. به عنوان مثال از این محصول در دستگاه‌های خشک کن لباس می‌توان استفاده نمود.

۳۹.۳. شرکت Taiyo Nippon Sanso



این شرکت از سال ۱۹۶۸ در حوزه ارائه تجهیزات تخصصی حمل گاز فعالیت می‌کند. همچنین در زمینه تجارت هلیوم، حذف آب از اسید کلریدیک، تولید CO₂ مایع و جداسازی مایعات Cryogenic و ... فعالیت دارد. همچنین از فناوری‌های پیشرفته برای کنترل اکسیژن، نیتروژن، آرگون و سایر گازها استفاده می‌کند. در بین محصولات این شرکت، MOF یافت نشد.

۴۰.۳. MOFWORX



این مجموعه یکی از اقدامات تجاری‌سازی CSIRO (سازمان تحقیقات علمی و صنعتی استرالیا که مسئولیت تحقیقات علمی را بر عهده دارد) برای توسعه فناوری‌های آماده سرمایه‌گذاری است. اقدامات این مجموعه شامل آماده‌سازی نمونه اولیه، آزمایشات میدانی، تجزیه و تحلیل بازار و ... بوده و بهترین مسیر تجاری‌سازی فناوری در بازار را ارائه می‌دهد. CSIRO تاسیساتی را در سطح جهان برای توسعه و تولید MOFها از مقیاس کم تا زیاد، ایجاد نموده است. این شرکت در حال توسعه فناوری Airthena است که در آن از جاذب‌های MOF برای جذب مستقیم CO₂ از هوا استفاده می‌شود.

۴۱.۳. شرکت ACSYNAM



این شرکت در سال ۲۰۱۶ برای تولید مواد شیمیایی پیشرفته در مونترال کبک تاسیس شد و در زمینه تولید MOFها فعالیت می‌کند و حدود ۲۰ محصول MOF و لینکرهای MOF را تجاری و به بازار مصرف عرضه می‌نماید. محصولات MOF این شرکت در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۱۵- محصولات شرکت ACSYNAM

ردیف	محصول
۱	HKUST-۱
۲	MIL-۵۳
۳	MOF-۵
۴	MOF-۷۴-Mg
۵	MOF-۷۴-Ni
۶	MOF-۷۴-Zn
۷	Uio-۶۶
۸	Uio-۶۷-NH ₂
۹	SOD-Zn(Ethynylimidazole) ₂
۱۰	SOD-Zn(Vinylimidazole) ₂
۱۱	ZIF-۸
۱۲	ZIF-۹۰

۴۲.۳. شرکت Decco

این شرکت بیش از ۵۰ سال در زمینه محصولات مرتبط با صنعت کشاورزی نظیر آفت‌کش، کود، طیف گسترده ای از واکس‌ها، پوشش‌های خوراکی، قارچ‌کش‌ها، مواد شوینده و ضدعفونی‌کننده‌ها جهت نگهداری میوه‌ها و سبزیجات پس از برداشت، سابقه دارد. در سال ۲۰۱۶ محصولی

با نام تجاری TruPick به بازار معرفی و عرضه نمود. TruPick یک بسته‌بندی مبتنی بر MOF جهت ذخیره و آزادسازی (MCP-1) است تا به این ترتیب با کنترل گاز اتیلن در پروسه نگهداری و حمل و نقل میوه و سبزیجات، ضمن حفظ طراوت، ماندگاری محصولات بیشتر می‌شود. این محصول روی ۱۶ گونه سیب در شرایط آب و هوایی مختلف تست شد و از طریق سرکوب اتیلن مدت زمان ماندگاری افزایش یافت. شریک تجاری این شرکت در بخش MOF، شرکت MOF Technologies است. در سال ۲۰۱۷ شرکت AgroFresh رقیب اصلی Decco از این مجموعه شکایت کرد و مالکیت ثبت اختراع محصول TruPick را بدست آورد. همچنین شرکت Decco ملزم به پرداخت خسارت به ارزش ۳۱ میلیون دلار به شرکت AgroFresh شد. بر اساس اطلاعات شرکت AgroFresh فناوری MCP-1 هیچ گونه بقایایی در داخل یا روی میوه یا در محیط باقی نمی‌گذارد. گاز اتیلن تجزیه شده و مولکول‌های ساده کربن، هیدروژن و اکسیژن وارد اتمسفر می‌شود.

۴. جمع‌بندی

با توجه به اینکه شناخت و شروع تحقیقات در زمینه چهارچوب‌های فلز-آلی سابقه طولانی ندارد، بنابراین اکثر شرکت‌های فعال در زمینه تولید این محصول (به جز در مواردی که شرکت‌های بزرگ فعال در زمینه تولید مواد شیمیایی صنعتی بخشی از خط تولید خود را به تولید این محصولات اختصاص داده‌اند)، بصورت استارت‌آپ هستند. برخی از این شرکت‌ها در حال تحقیق و بررسی برای توسعه کاربرد MOF‌ها، برخی MOF‌ها را (بصورت محدود) را بصورت مستقیم برای کاربردهای تحقیقاتی و صنعتی تولید نموده و برخی دیگر محصول صنعتی که از تکنولوژی MOF‌ها برای ارتقا عملکرد محصول استفاده شده توسعه داده‌اند. در پیوست ۱ جدول شرکت‌هایی که محصولات آن‌ها در مرحله تحقیق و بررسی است و همچنین شرکت‌هایی که محصولات آن‌ها تجاری شده، ارائه شده است.

مطابق اطلاعات بخش قبل، شرکت‌ها بر اساس طیف محصولات در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند.

- شرکت‌های تولید کننده مواد شیمیایی که در کنار محصولات خود MOF نیز تولید می‌کنند.
- شرکت‌هایی که به صورت اختصاصی در زمینه تولید MOF و یا محصولات وابسته به MOF و یا هر دو فعالیت می‌کنند.
- شرکت‌هایی که در حال تحقیق روی MOF هستند و تاکنون محصولی (در حوزه MOF) به بازار عرضه نکرده‌اند.

همچنین بر اساس معیارهایی نظیر زمان شروع فعالیت شرکت، میزان درآمد سالانه حاصل از فروش شرکت‌ها، استخراج شده از سایت‌های تحلیل اطلاعات شرکت‌ها نظیر Dun & Bradstreet، Pitchbook و crunchbase، در دو گروه نوپا و قدیمی طبقه‌بندی شده‌اند که به ترتیب در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۱۶- شرکت‌های فعال مستقیم و غیر مستقیم در زمینه MOF

شرکت با سابقه/ نوپا	نام شرکت	شروع فعالیت/ حدود درآمد سالیانه (دلار)	حوزه تخصصی فعالیت
با سابقه	BASF	۷۰ میلیارد دلار	تولیدکننده انواع مواد شیمیایی و MOF
	Strem Chemicals	۱۹۶۴-۲۵/۵ میلیون دلار	تولیدکننده انواع مواد شیمیایی و MOF (۱۸ محصول MOF)
	RiMO	۱۹۹۷-۴ میلیون دلار	تحقیق روی MOF

¹1-Methylcyclopropene

 ریاست جمهوری سازمان توسعه فناوری نانو	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)
		بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی

شرکت با سابقه / نوپا	نام شرکت	شروع فعالیت / حدود درآمد سالیانه (دلار)	حوزه تخصصی فعالیت
	NuMatTechnologies	۲۰۱۲-۲/۵ میلیون دلار	تولیدکننده انواع مواد شیمیایی و محصول وابسته به MOF
	Promethean Particles	۲۰۰۷-۲ میلیون دلار	تولیدکننده انواع مواد شیمیایی و MOF (۹ محصول)
	NovoMOF AG	۲۰۱۷-۱/۴۳ میلیون دلار	تولید MOF (بیش از ۱۰۰ محصول)
	EnergyX	۲۰۱۲-۱/۳۴ میلیون دلار	محصول وابسته به MOF (تامین یون لیتیوم برای انواع باتری‌های لیتیومی)
	Nanoshel	۲۰۱۷-۴۸۹ هزار دلار	تولیدکننده انواع مواد شیمیایی و MOF (۲۴ محصول)
	Immaterial labs	۲۰۱۵-۳۷۰ هزار دلار	محصول وابسته به MOF
	ProfMOF	۲۰۱۵-۲۶۹ هزار دلار	تولید MOF
	Inmondo Tech	۲۰۱۳-۲۶۲/۵ هزار دلار	تولید MOF
	PanaceaNano	۲۰۱۵-۲۲۳ هزار دلار	محصول وابسته به MOF
	Matrix Sensorsc	۲۰۰۸-۱۶۰ هزار دلار	محصول وابسته به MOF
	Mof Technologies	۲۰۱۲-۸۳ هزار دلار	تولید MOF (۱۷ محصول)
	SiKEMIA	۲۰۰۹-۳۵/۵ هزار دلار	تولید MOF
	Nano Research Elements	۲۰۰۵	تولید MOF (۲۲ محصول)
	Tokyo Chemical Industry	۱۹۲۲	تولید مواد اولیه MOF
	TOTAL S.A	۱۹۲۴	تحقیق روی MOF
	Fuji Pigment	۱۹۴۴	محصول وابسته به MOF (یکارگیری MOFها در رنگدانه‌های آلی)
	Farmergy	۲۰۱۱	محصول وابسته به MOF
	Green Science Alliance	۲۰۱۱	تولید MOF (۹ محصول)
	Chemsoon	۲۰۱۲	تولید MOF و مواد اولیه MOF (۱۰۲ محصول)
نوپا	Water Harvesting	۲۰۱۸-۱۸۹ هزار دلار	تولید MOF
	Tarsis Technologys	۲۰۱۶-۱۴۱/۵ هزار دلار	تولید MOF
	Mpower Innovations Inc	۲۰۱۹-۱۱۶ هزار دلار	تحقیق روی MOF

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول - بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

شرکت با سابقه / نوپا	نام شرکت	شروع فعالیت / حدود درآمد سالیانه (دلار)	حوزه تخصصی فعالیت
	Coordination Pharmaceuticals	۲۰۱۵-۴۶ هزار دلار	تحقیق روی MOF
	MOFgen	۲۰۲۰	تحقیق روی MOF
	MOFapps	۲۰۲۰	تحقیق روی MOF
	Atomis	-	محصول وابسته به MOF و MOF
	Mosaic Materials	۲۰۱۶	تحقیق روی MOF
	Zoramat Solutions	۲۰۱۷	محصول وابسته به MOF
	Lantha Sensors	۲۰۱۹	محصول وابسته به MOF
	SyncMOF	۲۰۱۹	محصول وابسته به MOF
	MOFWORX	-	تولید MOF
	ACSYNAM	۲۰۱۶	تولید MOF (۱۲ محصول MOF)

در جدول زیر شرکت‌هایی در حوزه تولید محصولات وابسته به MOF فعال‌اند و یا در حال تجاری نمودن محصول خود هستند، گزارش شده است.

 ریاست جمهوری معاونت توسعه فناوری نانو	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs) بخش اول - بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی
---	-----------------------------	---

جدول ۱۷- محصولات وابسته به MOFها

محصول تجاری/غیر تجاری وابسته به MOF	محصولات	شرکت	کاربرد	توضیحات
تجاری	محصول ION-X	NuMat Technologies	سیستم ذخیره و رهایش گازها با ظرفیت بالا زیر فشار اتمسفر برای کاشت یون	میزان جذب سرمایه طی چهار دوره و به میزان ۲۲/۳ میلیون دلار بوده و شش سرمایه‌گذار دارد. دو شرکت Osage Capital GOOSE و University Partners جدیدترین سرمایه‌گذاران این شرکت هستند.
	دستگاه LiTAS	EnergyX	تولید یون لیتیم از طریق استخراج و جداسازی گزینشی یون لیتیم بواسطه غشای ماتریس مخلوط (MMM) برای کاربرد در باتری‌های لیتیم یون	میزان جذب سرمایه طی سه دوره و به میزان ۲۴/۵ میلیون دلار بوده و چهار سرمایه‌گذار دارد. شرکت Capital Helios و دانشگاه تگزاس جدیدترین سرمایه‌گذاران این شرکت هستند.
	LanthaLux	Lantha Sensors	برای انواع تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی که با سرعت آهسته و هزینه زیاد (مانند تکنیک‌هایی FTIR، NMR، فلوریمتر و ...) انجام می‌شود. همچنین برای تشخیص و تعیین میزان آنالیت (انواع آلاینده‌های هوا و آب، آلاینده‌های سوخت، میزان رطوبت در صنایع مختلف و ...) در محدوده ppm	میزان جذب سرمایه طی یک دوره و به میزان ۲/۶ میلیون دلار بوده است. بودجه این شرکت توسط GOOSE Capital تامین می‌شود.
	CALF ₂₀	Zoramat Solutions	برای جذب گازها (مانند CO ₂) و تصفیه گازهای زیستی	میزان جذب سرمایه طی یک دوره و به میزان ۳۰۰ هزار دلار است.
	CubiTan	Atomis	برای تولید مخازن و سیلندرهای فشار قوی تا مخازن تحت فشار بالاتری در صنایع مورد استفاده قرار گیرند.	میزان جذب سرمایه طی دو دوره و به میزان ۴۲۰ میلیون یورو است و در مجموع ۷ سرمایه‌گذار روی این استارت‌آپ سرمایه‌گذاری کرده‌اند.

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش اول - بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

توضیحات	کاربرد	شرکت	محصولات	محصول تجاری/غیر تجاری وابسته به MOF
-	تشخیص کم هزینه و زود هنگام گاز در محیط (گاز متان) و یا تعیین غلظت CO ₂ در محیط	Matrix Sensors	حسگر گاز متان و گاز CO ₂	
این فناوری در حال حاضر در اختیار AgroFresh است.	افزایش ماندگاری مواد غذایی با بکارگیری بسته‌بندی دارای MOF	Decco	TruPick	
-	انتقال گاز طبیعی در دما و فشار قابل دسترس	Immaterial labs	monolithic HKUST-۱	غیر تجاری
-	رهایش کنترل شده داروها، ماده موثرها در بخش کشاورزی (برای تولید قارچ کش و آفت کش)	Tarsis Technologys	-	
-	جذب مستقیم CO ₂ از هوا	MOFWORX	فناوری Airthena	
	بر اساس اوریگامی فضایی بوده و جذب آب از هوا در هنگام شب و بازجذب در طی روز انجام می‌شود.	farmergy	جاذب ۱۰۰ F AYRSORB™	
	برداشت آب از رطوبت هوا	Water Harvesting		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 ریاست جمهوری معاونت توسعه فناوری نانو
بخش اول- بررسی بازار جهانی چهارچوب‌های فلز-آلی		

در پیوست ۲ جدول محصولات (MOF) تجاری شده با کاربرد جذب آب و رطوبت‌زدایی قابل مشاهده است.

در پیوست ۳ جدول MOF‌های مورد بررسی در این طرح و شرکت‌های تولیدکننده این MOF‌ها، گزارش شده است

بخش دوم

بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از رطوبت هوا

۱. معرفی

دستیابی به منابع نامحدود آب آشامیدنی در حال حاضر به یکی از دغدغه‌های اصلی بشر تبدیل شده است. برخی از مطالعات سازمان ملل نشان می‌دهد بصورت تخمینی، حدود ۱ میلیارد نفر در سراسر جهان به آب آشامیدنی کافی دسترسی ندارند. بیش از ۵۰ درصد از بیماری‌های قابل پیشگیری انسان در مناطق فقیر جهان، مربوط به بیماری‌های ناشی از کمبود آب آشامیدنی می‌شود. در مناطق پیشرفته جهان نیز، کیفیت آب شهری به اندازه کافی برای نوشیدن ایمن تلقی نمی‌شود. همین مسئله باعث ایجاد و گسترش صنعت بسته بندی آب آشامیدنی به ارزش ۵۰ میلیارد دلار در سراسر جهان شده است. بحران آب واقعی است و برای بسیاری از مردم که در مناطق گرم و خشک ساکن‌اند، قابل لمس است. برای جلوگیری از چالش کم آبی عمده‌تر اقدام کارآمد مطرح می‌شود. ابتدا حفظ منابع آب آشامیدنی و در گام بعدی استفاده از منابع دیگر برای به دست آوردن آب آشامیدنی. از آنجا استفاده از منابع دیگر بر اساس موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت است، در این سناریو، بهترین راهکار برداشت آب از هوا است.

استحصال آب از هوا به عنوان راه حلی کارآمد، پاک و پایدار برای تامین آب شرب در مناطق گرم و مرطوب است. تکنولوژی تولید آب با استفاده از رطوبت موجود در اتمسفر تقریباً هیچ گونه پساب مخرب زیست محیطی تولید نمی‌کند و از آن می‌توان به عنوان راه حلی نوین برای اجتناب از آلودگی محیط زیست استفاده نمود. روش‌های مختلفی برای استحصال آب از اتمسفر در دنیا وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از ژنراتورهای شبکه توری، وارکا واتر^۱ و ... است.

تولیدکننده آب از اتمسفر (AWG)^۲ که ژنراتور نامیده می‌شود و مجهز به یک سیستم خنک کننده است. با صرف انرژی سیستم خنک کننده هوا محیط را تا نقطه شبنم سرد می‌کند. میزان آب تولیدی توسط این دستگاه نسبت به انرژی صرف شده کمتر است و بهره‌وری مناسب این

^۱ Warka water

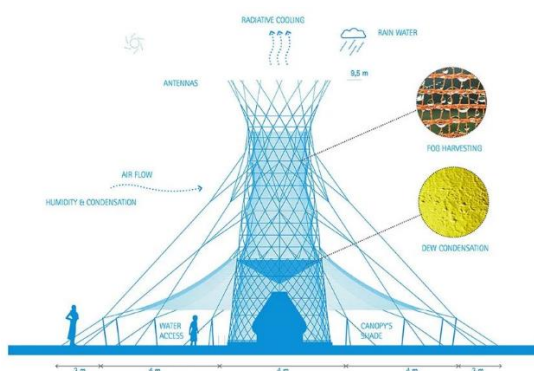
^۲ Atmospheric Water Generator

سیستم تا حد زیادی به دما و رطوبت محیط بستگی دارد. روش دیگر استفاده از شبکه توری است که بصورت عمودی در مسیر باد قرار میگیرد. بهره‌وری این سیستم در مناطقی با مه شدید، بیشتر است. نمونه‌ای از این محصول در تصویر زیر نشان داده شده است.



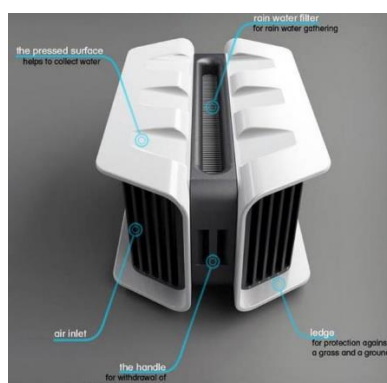
تصویر ۱۱- شبکه توری برای جمع‌آوری مه و تولید آب

سازه وارکا واتر شامل یک قاب بامبو، مش قابل بازیافت، طناب، سایبان و یک مخزن آب است. با برداشت باران، مه و شبنم، آب آشامیدنی تولید می‌شود.



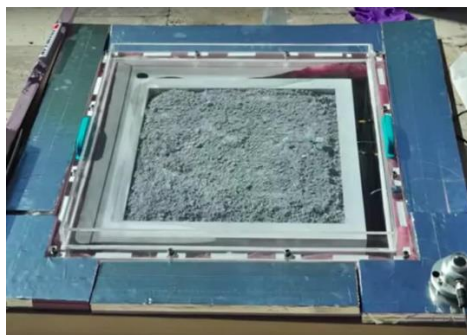
تصویر ۱۲- ساختار وارکا واتر برای تهیه آب از باران و مه

نمونه دیگری از دستگاه تولید آب از هوای رقیق در تصویر زیر نشان داده شده است. در این دستگاه میزان رطوبت محیط در میزان آب تولید شده اثر نمی‌گذارد و محدودیت موقعیت مکانی ندارد. افزایش دینامیک بخار آب متراکم شده منجر به تولید آب می‌شود. آب تغلیظ شده حاصل، توسط فیلتر اوزون و کربن تصفیه می‌شود.



تصویر ۱۳- دستگاه Water Making Machine

MOFها، گروهی از مواد هستند که قادرند مایعات را به سرعت جذب کنند و در شرایط خشک و زمانی که نور خورشید وجود باشد، این مایعات را آزاد می‌کنند. در سال ۲۰۱۴ این موضوع فقط در حد یک ایده بود. پس از آن دستگاه جمع‌آوری‌کننده آب با استفاده از MOFها را در منطقه‌ای از آریزونا که رطوبت آن ۸ درصد است، مورد آزمایش قرار داده شد. این دستگاه از یک جعبه که درون جعبه دیگری قرار دارد، تشکیل شده و داخل آن چند کیلوگرم از MOF قرار دادند و بیرون جعبه پلاستیک شفاف قرار داده شده است. در طول شب، جعبه‌ی پلاستیکی باز می‌شود و دانه‌های MOF می‌توانند آب موجود در هوا را جذب کنند. طی روز جعبه پلاستیکی بسته است ولی نور خورشید از پلاستیک گذشته و درون آن را گرم می‌کند و موجب می‌شود که آب از MOF خارج شود. آب متراکم شده و در قسمت پایین جعبه قابل جمع‌آوری است.



تصویر ۱۴- تصویر اولین نمونه کاربرد MOF برای برداشت آب از هوا

به منظور بررسی انواع روش‌های تامین آب شرب در مناطق گرم و مرطوب (مانند مناطق جنوبی کشور بخصوص صنعت دریایی) و امکان استفاده از فناوری MOF در این حوزه، صنعت دریایی در بازار ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. بررسی بازار جهانی

توزیع غیر یکنواخت منابع آب شیرین در جهان از جمله مناطق شمال آفریقا، خاورمیانه، هند، مکزیک و بخش‌های بزرگی از آمریکای جنوبی، سبب شده تا تامین آب آشامیدنی وابسته به فعالیت‌های خدمات رسانی باشد و نیاز به ارائه راه حل‌هایی اقتصادی، مقیاس‌پذیر و سازگار با محیط زیست، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. تولیدکننده آب از اتمسفر (AWG) یکی از راه حل‌هاست. مطابق گزارش جهانی منتشر شده در سال ۲۰۱۹ در Industryresearch^۱، بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان آب آشامیدنی کافی در اختیار ندارند و از همین رو ۶۰۰ میلیارد دلار در بخش سیستم‌های انتقال آب سرمایه‌گذاری شده است.

دستگاه‌های AWG علاوه بر تبدیل رطوبت هوا به آب شیرین، به عنوان تصفیه کننده آب شیرین مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت‌های دستگاه AWG سبب شده تا بیش از صدها تولیدکننده در سطح جهان، از جمله Dew Point Manufacturing و Aqua Sciences در امریکای شمالی، Hendrx در چین، Island Sky و WaterMaker India در هند و بسیاری دیگر (جدول ۱۸) توسعه فناوری در این زمینه را رهبری کنند. ارزیابی بازار دستگاه‌های AWG از جهت تولیدکنندگان، مناطق، نوع و کاربرد پیشبینی می‌شود ارزش بازار جهانی از ۷۸ میلیون دلار در سال ۲۰۱۹، (با نرخ رشد ۳۹/۱ درصد) تا سال ۲۰۲۴، به ۵۶۰ میلیون دلار برسد. همچنین بر اساس اطلاعات گزارش شده در grandviewresearch^۲ که به بررسی دستگاه‌های AWG از جهت محصولات رطوبت‌زدا و کندانسورهای سردکننده و از جهت کاربردهای صنعتی و تجاری پرداخته

^۱ GLOBAL ATMOSPHERIC WATER GENERATOR MARKET 2019 BY MANUFACTURERS, REGIONS, TYPE AND APPLICATION, FORECAST TO 2024

^۲ Atmospheric Water Generator Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Cooling Condensation , Wet Desiccation), By Application (Industrial, Commercial), By Region, And Segment Forecasts, 2020-2027

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش دوم- بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از طریق برداشت آب از هوا		

است، ارزش بازار جهانی این محصولات را ۲/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۹ تخمین زده و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۷ با نرخ رشد ۱۹/۵ درصد افزایش یابد.

سهام بازار محصولات کندانسورهای سردکننده، به دلیل کاربرد در مقیاس‌های صنعتی بزرگ و ساختمان‌های مسکونی و تجاری و ...، در سال ۲۰۱۹ حدود ۹۸/۹ درصد بوده که همین مسئله سبب شده نرخ رشد بیشتری برای آن در نظر گرفته شود. در مقابل برای محصولات رطوبت زدا به دلیل عدم آگاهی مشتریان و مکانیسم پیچیده آن‌ها نرخ رشد ۱۷/۸ درصد در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است بیش از ۷۶/۳ درصد از دستگاه‌های AWG در صنایعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به خروجی آب روزانه ۵ هزار گالن نیاز دارند.

علاوه بر شرکت بزرگ عرضه کننده دستگاه‌های AWG که نام برخی از آن‌ها در جدول ۱۸ ذکر شده است، استارت‌آپ‌های زیادی به این حوزه وارد می‌شوند. شرکت StartUs Insights یک شرکت فعال در نوآوری است که اطلاعات در حوزه نوآوری، شرکت‌های نوظهور و فناوری‌ها را دنبال می‌کند. این شرکت از طریق هوش مصنوعی بیش از ۲/۵ میلیون استارت‌آپ را در سراسر جهان مورد ارزیابی قرار می‌دهد. حدود ۱۵۰ استارت‌آپ تولیدکننده دستگاه AWG توسط این شرکت مورد بررسی قرار گرفته است. از میان آن‌ها پنج استارت‌آپ Sky، dewh2o، Maithri، Drupps، Uravu Labs و River در سایت این شرکت معرفی شده‌اند. به طور مثال استارت‌آپ سوئدی Drupps راه حل‌های مقیاس پذیر برای تکنولوژی AWG با استفاده از انرژی حرارتی زباله (انرژی حرارتی هدر رفته) ارائه می‌دهد. گرمای زباله تولید شده منجر به تولید ۱۵۰ مترمکعب در روز می‌شود.

جدول ۱۸- اصلی‌ترین شرکت‌های عرضه‌کننده دستگاه‌های AWG

لوگو	نام شرکت
	Aldelano Corp
	Akvo atmospheric water systems pvt. ltd
	Dew Point Manufacturing
	Atlantis Solar and Wind LLC
	Island Sky Corp
	Watergen
	Hendrx Water
	Aqua Sciences

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 ریاست جمهوری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
بخش دوم- بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از طریق برداشت آب از هوا		

لوگو	نام شرکت
	Drinkable Air
	Energy and Water Development Corp. (EAWC)

۳. بررسی بازار ایران

در حین سفرهای دریایی طولانی مدت، تامین آب شیرین یکی از نیازهای ضروری محسوب می‌شود. بر اساس نوع کاربری و مدت زمان سفر شناورها، میزان نیاز به آب شیرین متفاوت بوده و از روش‌های مختلفی برای تامین آب شیرین استفاده می‌شود. به منظور بررسی روش‌های مورد استفاده در تامین آب شیرین، با شرکت‌های شناورسازی، تعاونی‌ها لنج‌داران، موسسه رده‌بندی و ... مصاحبه‌هایی صورت گرفته که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۱۹- مصاحبه‌های انجام شده

ردیف	حوزه فعالیت	نام مجموعه	نام مصاحبه‌شونده	سمت
۱	شناور سازی	لنج سازی رشید قشم	آقای مهندس غفاری	مدیر عامل
۲		شناور سازی شناوران زیبا	آقای مهندس شوقی	مدیریت
۳	مالک کشتی	کشتی صیادی فرزام	آقای مهندس مومنی	مالک کشتی
۴	فروش دستگاه آب شیرین کن دریایی	فروشگاه سیب سبز	آقای مهندس زنده بودی	مدیریت
۵	لنج سازی	لنج سازی الهامی	آقای مهندس ورشایی	مهندس ساخت
۶		لنج سازی عالی حسینی	آقای مهندس عالی حسینی	مدیریت
۷	تعاونی لنج‌داران	تعاونی لنج‌داران باربری امید انصار اروند	آقای عبدالرضا نصاری	مدیر عامل
۸		شرکت تعاونی لنج‌داران بندر لنگه	آقای حسین زاده	مالک کشتی- رئیس شرکت تعاونی لنج داران بندر لنگه
۹		تعاونی حمل و نقل دریایی ۱۶۴۶ چابهار	آقای کیومرثی	مدیر شعبه
۱۰	اتحادیه صیادان منطقه چابهار	اتحادیه صیادان منطقه چابهار	آقای مهندس حسین شادمان	کارشناس فنی تعاونی
۱۱	موسسه رده‌بندی	موسسه رده‌بندی	آقای مهندس حسن دیلم	معاونت بازرسی‌های رده بندی و قانونی
۱۲	سازمان بنادر دریانوردی	سازمان بنادر دریانوردی منطقه چابهار	آقای مهندس میرلاشاری	مسئول ثبت شناوران
۱۳	سازمان امور عشایر ایران	دفتر مطالعات سازمان امور عشایر ایران	آقای دکتر رحیمی	کارشناس بخش مطالعات
۱۴	بنیاد امور مستضعفان	بخش تحقیق و توسعه بنیاد امور مستضعفان	آقای مهندس پرویزی	کارشناس بخش تحقیق و توسعه بنیاد مستضعفان

ردیف	حوزه فعالیت	نام مجموعه	نام مصاحبه‌شونده	سمت
۱۵	ستاد بحران شهر تهران	واحد پدافند در ستاد بحران شهر تهران	آقای دکتر مهرجویی	معاونت پدافند
۱۶	وزارت نیرو	مرکز جهاد آب‌رسانی	آقای مهندس میثم جعفرزاده	ریاست مرکز جهاد آب‌رسانی
۱۷	جهاد کشاورزی استان یزد	مدیریت باغداری جهاد کشاورزی استان یزد	آقای مهندس همزه	کارشناس بخش مدیریت باغداری
۱۸	گلخانه‌ساز	دهکده سلامت البرز	آقای مهندس پالیزدار	سرپرست پروژه
۱۹	گلخانه ساز	شرکت دیبای سبز شهر	آقای مهندس یوسفی	گلخانه ساز

آقای غفاری مدیرعامل **لنج سازی رشید قشقم** بیان نمودند لنج‌ها عمدتاً برای دو مصرف اصلی باربری و صیادی ساخته می‌شوند. لنج‌هایی که در حوزه خلیج فارس فعالیت می‌کنند غالباً ۷۰ تا ۷۲ ساعت روی آب هستند و مخزن ذخیره آب لنج برای این مدت زمان کافی است. بنابراین نیاز به استفاده از هیچ سیستم دیگری نیست. همچنین وزن این مخازن تأثیر چشمگیری روی میزان مصرف سوخت ندارد. در محدوده جزیره قشم سالانه حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ عدد لنج ساخته می‌شود. تنها تکنولوژی بکار رفته در لنج‌ها سیستم موتور و GPS است که تا چند دهه قبل بصورت بادیانی بوده است. لذا با توجه نبود چالش در بخش تامین آب آشامیدنی در لنج‌ها، از هر گونه محصول جدیدی استقبال نخواهد شد. البته ممکن است این سیستم برای کشتی‌ها و لنج‌هایی که مدت زمان طولانی‌تری (۲ تا ۳ ماه) روی آب هستند، جذاب باشد. اکثر لنج‌های صیادی در بندر چابهار برای مدت ۳۰ تا ۴۵ روز روی آب هستند. همچنین کشتی‌های باربری که به سمت سومالی و اقیانوس هند می‌روند، حداقل ۲ تا ۳ ماه روی آب هستند.

بر اساس فرمایشات آقای مهندس شوقی مدیریت **شناور سازی شناوران زیبا** در استان خوزستان، شناورها در انواع مختلف نظامی، باربری و صیادی تولید می‌شوند. این شناورها از جنس‌های چوب و فلز بوده و در اندازه‌های مختلف (از ۱۷ فوت تا ۲۴ فوت و سپس پایلوت‌های ۸ متری تا ۲۴ متر و به همین ترتیب شناورهای بزرگتر) برای مصارف گوناگون تولید می‌شوند. این مجموعه تولید کننده انواع شناورهای فلزی است. در شناورهای چوبی و فایبرگلاس برای تامین آب شیرین از مخزن استفاده می‌شود و معمولاً در انواع باربری و صیادی هستند. محدوده وزن قابل حمل شناورهای باربری (مانند لنج‌ها) بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ تن است. این شناورها برای مسافت‌های کم مورد استفاده قرار می‌گیرند و مخازن آن‌ها برای بازه‌های زمانی ۱۵ روز، ۳۰ روز و یا ۴۵ روز سفر دریایی، طراحی شده است. بخصوص در مورد شناورهای صیادی به دلیل فساد ماهی، مدت زمان روی آب از ۴۵ روز بیشتر نمی‌شود. سطح داخلی مخازن این شناورها بوسیله نوعی رنگ پوشش داده می‌شود. این پوشش کمک می‌کند تا کیفیت آب طی مدت ۳۰ روز تا ۴۵ روز حفظ شود. بنابراین در این نوع شناورها از سیستم تامین آب شیرین مثل RO استفاده نمی‌شود. شناورهای فلزی در انواع مختلف صیادی، نظامی و باربری (شامل یدک کشتی‌های خدمات رسان مانند آتش‌نشانی، سوپای بوت، طناب‌بر و ...، و کشتی‌های بزرگ مانند لندینگ کرافت و Deck Ship) هستند. در شناورهایی که حداکثر ۴۵ روز روی آب هستند، مخزن شناور برای تامین آب شیرین کافی است. پوشش‌دهی خاص داخل این مخازن کیفیت آب را حفظ می‌کند. اما در مقابل در شناورهایی که حداقل ۴۵ روز روی آب هستند علاوه بر این مخزن آب شیرین، از دستگاه‌های RO نیز استفاده می‌شود. طی سه سال گذشته یک سفارش کشتی صیادی همراه با دستگاه RO به این مجموعه داده شده است. بطور کلی در اکثر لندینگ کرافت‌ها (با ظرفیت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کانتینر) و همچنین در کشتی‌های باربری به مقصد کرانچی و بیشتر کشتی‌های دریای عمان، این دستگاه نیاز است. سیستم‌های RO از طریق لوله‌کشی به مخزن کشتی متصل هستند. حداقل ظرفیت تولید روزانه سیستم‌های RO حدود ۵ هزار لیتر است.

آقای مهندس مومنی مالک **کشتی صیادی فرزام** بیان نمودند این کشتی مدت زمان نسبتاً طولانی روی آب است، لذا برای تامین آب شرب از دستگاه RO استفاده می‌شود. قیمت این دستگاه در سال ۹۵ حدود ۶۰ تا ۷۰ میلیون تومان بود و روزانه حدود ۱۰ تا ۱۲ تن آب شیرین تهیه می‌کند. تنها قطعه تعویضی در این سیستم، مربوط به فیلتر است که در سال ۲ تا ۳ مرتبه تعویض می‌شود. محدودیت این سیستم در بخش تامین

آب شور است. آب شور این سیستم باید از بخش‌های عمیق دریا تامین شود. اسکله و حوضچه‌ها برای تامین آب شور مناسب نیست. بنابراین این سیستم برای کشتی‌هایی که به مدت طولانی در آب‌های عمیق فعالیت می‌کنند، مناسب است.

آقای مهندس زنده بودی مدیریت **فروشگاه سیب سبز** بیان نمودند از سال ۸۷ در زمینه تولید و عرضه دستگاه‌های RO فعالیت می‌کنند. این مجموعه یکی از عرضه کنندگان دستگاه‌های RO در حوزه صنعت دریایی است. اکثر کشتی‌های باربری و برخی از کشتی‌های صیادی که مدت طولانی روی آب هستند، برای تامین آب آشامیدنی از سیستم RO استفاده می‌کنند. حدود ۸۵ درصد قطعات دستگاه‌های RO وارداتی بوده و در شرکت‌های داخلی مونتاژ می‌شود. بر اساس ابعاد دستگاه و حجم آب تولیدی محدوده قیمت این دستگاه‌ها از ۴۰ میلیون تومان تا ۴۵۰ میلیون تومان متغیر است. بدلیل عمر بالای این دستگاه نمی‌توان میزان فروش سالانه برای آن در نظر گرفت. این مجموعه از ابتدای اسامال فروشی از سیستم‌های RO نداشته است، اما چند مورد از مشتریان درخواست تعمیر و سرویس شدن سیستم خود را داشتند. بر اساس شرایط نگهداری و استفاده از این دستگاه‌ها، بازه زمانی سرویس شدن و تعویض فیلترهای آن‌ها متفاوت خواهد بود.

مهندس ساخت **لنج سازی الهامی**، آقای مهندس ورشایی، بیان نمودند صرف نظر از شناورهای یدک کش و خدمات رسان، شناورها شامل دو دسته کلی صیادی و باربری می‌شوند. مخازن آب شیرین شناورهای صیادی بر اساس منطقه فعالیت و مدت زمان سفر دریایی، متفاوت است اما بطور متوسط (میانگین منطقه خلیج فارس و دریای عمان و میانگین ابعاد لنج‌ها و کشتی‌ها) هر شناور صیادی ۳۰ روز روی آب است. شناورهای صیادی کوچک شامل لنج‌های صیادی دارای دو مخزن پلی اتیلن با حجم‌های هزار لیتر است. مدت زمان سفر شناورهای باربری صرف نظر از ابعاد و منطقه فعالیت بین ۱۰ تا ۱۵ روز است. لنج‌های باربری یا مخزن آب شیرین ثابت ندارند و یا حجم مخازن بسیار کم است. طی ۱۵ سال اخیر حدود ۴ هزار تا ۵ هزار لنج در منطقه هرمزگان، بوشهر و خوزستان ساخته شده که همگی از جنس فایبرگلاس است. کمترین قیمت لنج‌ها حدود ۱ تا ۲ میلیارد و بیشترین قیمت حدود ۱۵ میلیارد است. با توجه به هزینه لنج‌ها، هزینه دستگاه معرفی شده، منطقی است؛ اما مسئله اصلی نحوه تفکر و فرهنگ صاحبان لنج‌ها است. فرهنگ رایج سنتی بوده و کمتر امکان تغییر وجود دارد. علاوه بر این از ۱۵ لنج تنها یکی ممکن است دچار خرابی شود به نحوی که مدت زمان بیشتری روی آب بماند. با توجه به فاصله نزدیک بنادر و تردد زیاد در منطقه، این مشکل در عرض چند ساعت رفع می‌شود. در صورتیکه لنج دچار بی آبی باشد تنها ممکن است چند ساعت بدون آب باقی بماند. بنابراین در صورتیکه الزامی از سوی یک نهاد بالاتر مانند سازمان بنادر و دریانوردی نباشد، ایده مطرح شده موفق نخواهد بود و صاحبان لنج از آن استقبال نخواهند کرد.

مدیریت **لنج سازی عالی حسینی**، آقای مهندس عالی حسینی، بیان نمودند با توجه به ویژگی‌های محصول مطرح شده و حجم روزانه آب تولیدی (حداکثر ۸۰ لیتر)، این ایده نمی‌تواند برای لنج‌داران کارآمد باشد. زیرا چالش‌های فعلی لنج‌داران در زمینه تامین آب شیرین نبوده و از طرفی کشتی‌هایی که ذخایر آب شیرین آن‌ها ناکافی است و به حجم تولید روزانه بیشتری از آب نیاز دارند، توسط دستگاه‌های تصفیه آب شیرین‌کن تامین می‌شود. در حال حاضر در مناطق جنوبی برای منازل از دستگاه‌های آب شیرین‌کن استفاده می‌شود. با توجه به سرانه مصرف هر فرد، میزان آب تولیدی توسط این دستگاه بسیار کم بوده و لازم است این مقدار افزایش یابد تا به عنوان جایگزین دستگاه‌های تصفیه آب مورد اقبال عموم قرار گیرد.

آقای نصاری مدیر عامل **تعاونی لنج‌داران باربری امید انصار اروند** در استان خوزستان بیان نمودند این تعاونی در زمینه خدمات دریایی، حمل و نقل دریایی و ... فعالیت می‌کند. اکثر شناورهای باربری در حوزه خلیج فارس، بین ۱۱ تا ۷۲ ساعت روی آب هستند و اکثراً چوبی و قدیمی هستند. در این منطقه تردد شناور بسیار زیاد است و چالشی در زمینه تامین آب شیرین وجود ندارد. در بیشتر این لنج‌ها برای تامین آب شرب از مخازن آب قابل حمل استفاده می‌شود. در لنج‌های صیادی مدت زمان سفر دریایی بیشتر بوده و بر اساس مجوز اداره شیلات عموماً به مدت ۱۰ روز است. در این شناورها مخازن آب ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتری طراحی شده است. تعداد خدمه در لنج‌های باری حدود ۶ تا ۷ نفر و لنج‌های صیادی بر اساس ابعاد لنج بین ۷ تا ۱۰ نفر، متغیر است. ظرفیت وزن لنج‌های صیادی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ تن و لنج‌های باری، حداکثر ۸۰۰ تن است. با توجه به مدت زمان سفر دریایی در منطقه خلیج فارس، شیوه‌های فعلی رایج برای تامین آب شیرین کفایت می‌کند و نیاز به راهکار جایگزین و یا کمکی نیست. بخصوص تفکر غالب در این حوزه سنتی است و قطعاً از این فناوری استقبال نمی‌شود.

مطابق صحبت‌های آقای حسین‌زاده مالک کشتی و رئیس شرکت تعاونی لنج داران بندر لنگه، در حوزه خلیج فارس مقصد لنج‌های باربری امارات، دبی و ... است که حداکثر ۳ روز روی آب هستند. تامین آب شیرین لنج برای این مدت زمان کم از طریق شبکه‌های آب شیرین انجام می‌شود. حتی در صورت حادثه و نبود آب شرب، فاصله لنج‌ها تا بنادر بسیار کم بوده و لذا چالش تامین آب شرب هرگز مطرح نبوده است. اکثر لنج‌های باربری با حداکثر ۶ یا ۷ نفر خدمه فعالیت می‌کنند. در خصوص لنج‌های صیادی تعداد خدمه حداکثر بین ۱۰ تا ۱۲ نفر است و از لحاظ مدت زمان سفر دریایی و منطقه فعالیت به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند. لنج‌های صیادی در حوزه خلیج فارس حداکثر ۱۰ روز روی آب هستند و حجم مخازن آب شرب لنج، برای این مدت زمان طراحی شده است. در حوزه دریای عمان اکثر لنج‌های صیادی حدود ۲ ماه روی آب هستند و غالباً بصورت گروهی (چند لنج با هم) برای صید می‌روند. مخازن آب شیرین این لنج‌ها بین ۱۰ تا ۵۰ هزار لیتر ظرفیت دارد و اکثر آن‌ها چندین مخزن وجود دارد. ممکن است دستگاه مطرح شده برای این گروه جذاب باشد، اما باید در نظر داشت تفکر عموم لنج‌داران سنتی است و کمتر از تکنولوژی‌های جدید استقبال می‌کنند.

مدیر شعبه تعاونی حمل و نقل دریایی ۱۶۴۶ چابهار، آقای کیومرثی بیان نمودند این تعاونی مربوط به شناورهای باربری و حمل و نقل است. این شناورها در بخش دریای عمان حداکثر ۳ تا ۴ روز روی آب هستند و مقصد آن‌ها دبی و امارات است. در صورت مواجهه با بی‌آبی امکان توقف در بنادر برای این شناورها وجود دارد. بنابراین تا کنون چالشی در این رابطه وجود نداشته است. اما در حوزه دریای عمان بیشتر شناورهای صیادی حدود ۲ تا ۳ ماه روی آب هستند. در این شناورها مخازن آب شیرین طراحی شده تا در مدت سفر دریایی آب شرب آن‌ها تامین شود. حدود ۲۰۰۰ شناور صیادی در حوزه دریای عمان فعالیت می‌کنند. اطلاعات دقیق‌تر مربوط به شناورهای صیادی در اختیار تعاونی صیادان منطقه چابهار است.

بنابر صحبت‌های آقای مهندس شادمان کارشناس فنی اتحادیه صیادان لنج‌های صیادی در منطقه چابهار لنج‌ها به دو دسته یخی و سردخانه‌ای تقسیم می‌شود. سیستم سرمایش در لنج‌های یخی بصورت مخازن حاوی یخ بوده و معمولاً حداکثر یک هفته تا ۱۰ روز روی آب هستند. اما در لنج‌های سردخانه‌ای سیستم سرمایش بصورت دستگاه است و معمولاً ۴۵ روز تا ۲ ماه روی آب هستند. در لنج‌های یخی و سردخانه‌ای متناسب با مدت زمان سفر، مخازن آب شیرین طراحی شده است. بیش از ۲ هزار لنج سردخانه‌ای در منطقه دریای عمان و اقیانوس هند فعالیت می‌کنند. دوره فعالیت این لنج‌ها از اوایل مهر ماه تا اردیبهشت سال بعد است و از اردیبهشت تا مهرماه در بندر کناره می‌گیرند. حجم مخازن آب لنج‌های سردخانه‌ای از ده هزار لیتر شروع شده و بر اساس ابعاد لنج، و تعداد کارکنان آن تغییر می‌کند. در طول مدتی که این لنج‌ها در سفر هستند، به‌جز در موارد رفت و برگشت به بندر و جابجایی‌های محدود، موتور لنج خاموش است. تا کمترین میزان مصرف برق انجام شود. از طرفی این لنج‌ها در دریاهای مواج قرار دارند و این لنج‌ها مدام تحت حرکات شدید هستند. در خصوص ایده مطرح شده، میزان مصرف برق، نوع جریان برق مورد نیاز (ترجیحاً منبع برق باتری باشد)، حجم آب تولیدی، عملکرد آن پس از مدتی استفاده نشدن (عدم استفاده در فاصله زمانی اردیبهشت تا مهرماه)، ابعاد دستگاه، و ثبات آن در لنج بسیار اهمیت دارد. لازم است این دستگاه روی چند لنج بصورت آزمایشی تست شود تا ابعاد فنی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورتیکه که دستگاه از لحاظ فنی با سیستم لنج تطبیق پیدا کند، اتحادیه صیادی تنها می‌تواند این دستگاه را به مالکان شناور معرفی کند. اما در نهایت مالکان تصمیم گیرنده نهایی هستند.

بر اساس صحبت‌های آقای دیلم، معاونت بازرسی رده بندی و قانونی موسسه رده‌بندی ایرانیان، در تمام کشتی‌های اقیانوس پیما، نفت‌کش‌ها، سکوها، نفتی و و گازی و بطور کلی همه شناورهایی که به مدت طولانی روی آب هستند، برای تامین آب شیرین، از سیستم‌های RO استفاده می‌شود. پیش از سیستم‌های RO از سیستم‌های آب شیرین کن صفحه‌ای همراه با کندانسور استفاده می‌شد که در حال حاضر این سیستم منسوخ شده است. پس از ارزیابی محصول (تست عملکرد محصول) در موسسات رده‌بندی و دریافت تاییدیه رده‌بندی، اجازه استفاده در صنعت دریایی صادر می‌شود. از این مرحله به بعد فرایند بازاریابی محصول آغاز می‌شود. از آنجاکه تنها رقیب فعلی این محصول سیستم‌های RO هستند، لذا ویژگی‌های هر محصول جدید، از لحاظ قیمت، ابعاد محصول، شرایط نگهداری، سهولت استفاده، حجم تولید روزانه و ...، با این سیستم مقایسه می‌شود. بطور مثال در برخی کشتی‌های با چند صد نفر سرنشین، روزانه ۷۰۰ تن آب مورد نیاز است. حجمی که دستگاه در کشتی به خود اختصاص می‌دهد نسبت به حجم تولید روزانه آن بسیار مهم است. همچنین استفاده از سیستم‌های RO و یا هر محصول دیگر در طراحی

کشتی تغییری ایجاد نمی‌کند. در کشتی‌ها دو نوع مخزن (یکی برای ذخیره و دیگری برای ته نشینی آب جهت پمپ شدن به سایر نقاط کشتی) وجود دارد. سیستم RO تا پرشدن مخازن روشن است و پس از آن (برای کاهش مصرف برق) خاموش می‌شود. بنابراین استفاده از هر محصول جدیدی در کشتی، در اصل طراحی کشتی و محل مخازن تغییری ایجاد نمی‌کند. آمار دقیقی از تعداد کشتی‌هایی که از سیستم RO استفاده می‌کنند، در دست نیست. اما بطور می‌توان گفت تمام کشتی‌های زیر نظر کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران و شرکت ملی نفت کش هستند، از این سیستم‌ها استفاده می‌کنند.

بنابر صحبت‌های آقای مهندس میرلاشاری، مسئول ثبت شناوران در **سازمان بنادر و دریانوردی منطقه چابهار**، غالباً کشتی‌ها و شناورهای بزرگ که مدت زمان زیادی (بیش از ۲ ماه) روی آب هستند و در مسیر سفر آن‌ها بنداری برای توقف وجود ندارد، در کنار مخازن آب، از دستگاه‌های تصفیه آب استفاده می‌کنند. شناورهای کوچک‌تر تنها دارای مخزن آب شیرین هستند. البته بر اساس نوع کاربری و منطقه فعالیت، مدت زمان سفرهای دریایی متفاوت است. در حوزه خلیج فارس، شناورهای صیادی حداکثر ۱۰ روز و شناورهای باربری بر اساس مبدا حرکت (مقصد اکثر شناورهای باربری امارات و دبی است) بین ۳ تا ۴ روز، روی آب هستند. در منطقه خلیج فارس فواصل بندرها نزدیک به یکدیگر بوده بنابراین حتی در برخی شناورها، مخزن آب شیرین وجود ندارد و نیاز آب شرب از طریق شبکه‌های آب و در صورت لزوم توقف در بنادر، تامین می‌شود. در حوزه دریای عمان مقصد اکثر شناورهای باربری دبی و امارات بوده و شیوه تامین آب شرب، مشابه حوزه خلیج فارس است. اما اکثر شناورهای صیادی در حوزه دریای عمان مدت بیشتری (حدود ۲ ماه) روی آب هستند. در این شناورها غالباً مخازن آب شیرین طراحی شده است. اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی در خصوص شناورها محدود است و اطلاعات دقیق‌تر در این رابطه در اختیار تعاونی‌های صیادی در منطقه چابهار و بنادر اطراف آن است.

آقای دکتر رحیمی، کارشناس بخش مطالعات **سازمان امور عشایر ایران**، بیان نمودند در حال حاضر حدود ۶۰ درصد عشایر در نواحی زاگرس و البرز قرار دارند و موضوع تامین آب شرب یکی از چالش‌های اصلی این گروه است. مشکل دسترسی به آب بیشتر در مناطق خراسان جنوبی، کرمان و نواحی اطراف آن به چشم می‌خورد. پیش از این نیز دستگاهی با عملکردی مشابه به این سازمان ارائه شد که به دلیل حجم کم آب تولیدی، مقرون به صرف نبود. لازم است ویژگی‌های مختلف این دستگاه و امکان استفاده از آن بر اساس شرایط اقلیمی منطقه، مورد بررسی قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود برای بررسی ابعاد مختلف این دستگاه یک جلسه حضوری برگزار گردد.

بنابر صحبت‌های آقای مهندس پرویزی کارشناس بخش تحقیق و توسعه **بنیاد امور مستضعفان**، بزرگترین چالش مناطق محروم، موضوع تامین آب آشامیدنی است. از این رو طی ۲ تا ۳ ماه گذشته رویدادی تحت عنوان تامین آب شرب مناطق محروم برگزار شد و طرح‌های زیادی به این نهاد ارائه گردید. موضوعات این طرح‌ها متفاوت بوده و شامل گسترش مجتمع‌های توزیع آب، تجهیزات کاهنده مصرف آب شرب، شناسایی و رفع گلوگاه‌ها در پروژه‌ها و فرایندهای آبرسانی، به کارگیری فناوری‌های نوین در سامانه‌های آبرسانی، استفاده از منابع آب جایگزین و ... است. این طرح‌ها مورد ارزیابی و داوری قرار می‌گیرند و سپس اقدامات لازم برای طرح‌های منتخب آغاز می‌شود. با توجه به ویژگی‌های عنوان شده، لازم است ویژگی‌ها و ابعاد مختلف این پلتفرم بررسی شود. بحث اصلی در خصوص این فناوری میزان رطوبت مورد نیاز این دستگاه و سطح رطوبت مناطق هدف، و همچنین مقرون به صرفه بودن این روش نسبت به سایر روش‌هاست. در مناطقی که دسترسی به سفره‌های آب زیرزمینی محدودیت دارد و دور از نواحی ساحلی هستند، غالباً میزان رطوبت هم پایین است. پیشنهاد می‌شود ویژگی‌های فنی این طرح به بخش تحقیق و توسعه دانشمند بنیاد ارسال شود تا مورد بررسی قرار گیرد.

مطابق فرمایشات آقای دکتر مهرجویی معاون **واحد پدافند در ستاد بحران شهر تهران**، موضوع تامین آب شرب برای مواقع خاص در دستور کار ستاد بحران قرار دارد. در حال حاضر اقداماتی برای این منظور در سطح شهر تهران در حال اجراست که به دلایل امنیتی قابل ذکر نیست. در موضوع بحران شرایط متفاوت است و نمی‌توان دسترسی مناطق به آب شرب را ملاک کارایی و یا عدم کارایی یک ایده قرار داد. در حال حاضر در بخش‌هایی از شهر (بطور مثال برخی بیمارستان‌ها) مخازن آب زیر زمینی برای آب شرب در حال طراحی است، تا در شرایط بحران مورد استفاده قرار گیرد. لازم ویژگی‌ها و مختصات فنی دستگاه مطرح شده برای این نهاد ارسال شود تا مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین لازم به

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	
بخش دوم- بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از طریق برداشت آب از هوا	

ذکر است واحد بررسی ستاد بحران کشور، بر اساس مناطق هدف، ستاد بحران استان‌هاست و از آنجایی که بیشترین بودجه در اختیار ستاد بحران شهر تهران است، در صورت تایید طرح مطرح شده، از آن حمایت خواهد شد.

علی‌رغم تلاش برای گفت و گو با آقای مهندس جعفرزاده رئیس مرکز جهاد آب‌رسانی به روستاها، موفق به ارتباط با ایشان نشدیم.

آقای مهندس همزه کارشناس بخش مدیریت باغداری جهاد کشاورزی استان یزد بیان نمودند بطور متوسط برای هر هکتار گلخانه سالانه حدود ۱۳ هزار مترمکعب آب مصرف می‌شود. با توجه به اینکه مدت زمان کشت از اواخر مرداد ماه تا خرداد ماه سال آینده است (حدود ۲۷۰ روز)، روزانه ۵۰ مترمکعب آب مورد نیاز است. مساحت کشت اکثر گلخانه‌ها زیر یک هکتار بوده و معمولاً مساحت ۰/۲ تا ۰/۳ هکتار رایج است. بیشتر گلخانه‌ها از آب چاه استفاده می‌کنند. میزان رطوبت موجود در گلخانه بسیار اهمیت دارد و نباید از حد استاندارد هر گلخانه کمتر شود. در طول فصول سرد در طی روز ۳ تا ۴ مرتبه و در فصول گرم حدود ۱۰ مرتبه آبیاری انجام می‌شود. بیشترین مساحت‌های زیر کشت گلخانه‌ای در استان‌های تهران، یزد، اصفهان و کرمان قرار دارد. البته در سال‌های اخیر دشت مغان نیز به این لیست اضافه شده است. در خصوص پلتفرم مورد بررسی نکته مورد توجه حجم آب تولیدی در طی ۲۴ ساعت است، که بسیار کم است. این حجم آب حتی گلخانه‌هایی با مساحت دو تا سه هزار متر را هم پوشش نمی‌دهد. بنابراین در صورت امکان حجم آب تولیدی باید افزایش یابد. از طرفی میزان رطوبت در فصول مختلف سال متغیر است. به این ترتیب محدوده رطوبتی مناسب برای فعالیت دستگاه نکته مهمی است. از آنجایی که احتمالاً محدوده قیمت دستگاه متناسب با افزایش حجم آب تولیدی، افزایش می‌یابد، بنابراین احتمالاً گلخانه‌هایی با مساحت ۳ هکتار به بالا قدرت خرید خواهند داشت.

آقای مهندس پالیزدار سرپرست پروژه دهکده سلامت البرز (گلخانه ساز) بیان نمودند در گلخانه‌های کشت خاکی بدلیل استفاده از منابع آب طبیعی مانند چاه یا قنات و ...، میزان مصرف آب اهمیت ندارد. در حالیکه در گلخانه‌های هیدروپونیک و آکوپونیک میزان مصرف آب و سطح رطوبت داخل گلخانه بسیار مهم است. در این گلخانه‌ها که در تمام سال فعالیت می‌کنند، سطح رطوبت نباید از ۶۰ درصد کمتر شود. از طرفی میزان آب مورد نیاز این گلخانه‌ها روزانه در هر هکتار، بطور میانگین ۵ هزار تا ۱۰ هزار لیتر است. در فصول سرد تعداد دفعات آبیاری کمتر و در فصول گرم تا ۱۰ مرتبه در روز افزایش می‌یابد. در خصوص ویژگی‌های طرح تامین آب از هوا باید در نظر داشت که این آب مقطر است، بنابراین می‌توان آن را با آبی با هدایت بالاتر ترکیب و استفاده نمود. اما برای مساحت ۲ هزار تا ۳ هزار متر باید حداقل ۲۰۰۰ لیتر آب تولید نماید. از طرفی رطوبتی که دستگاه برای تامین آب استفاده می‌کند، نباید از رطوبت ۶۰ درصد گلخانه کم کند. قیمت فعلی دستگاه برای حجم ۸۰ لیتر در شبانه روز مناسب نیست و باید بررسی شود برای حداقل حجم دو هزار لیتر در شبانه روز، قیمت دستگاه چه میزان افزایش می‌یابد. در صورتیکه حجم آب تولیدی، میزان مصرف برق و قیمت دستگاه مناسب باشد، قطعاً در بخش‌های مرکزی مانند یزد، اصفهان و کرمان از آن استقبال می‌شود.

مهندس یوسفی مسئول شرکت دیبای سبز شهر که در حوزه احداث گلخانه فعالیت می‌کنند، بیان نمودند در حال حاضر در مناطق کم آب برای گلخانه‌های هیدروپونیک قطعاً چنین دستگاهی مورد استقبال قرار می‌گیرد. مساحت اکثر گلخانه‌ها حدود ۲ هزار تا ۳ هزار مترمربع است و برای این مساحت حداقل ۲ هزار لیتر آب در شبانه روز مورد نیاز است. از طریق مه پاش رطوبت داخل گلخانه تامین می‌شود و میزان رطوبت مورد نیاز این دستگاه، نباید به گونه‌ای باشد که از رطوبت داخل گلخانه کم کند و نیاز باشد مه پاش بیشتر کار کند. همچنین می‌بایست میزان برق مصرفی دستگاه از لحاظ هزینه برآورد شود. برای حجم دو هزار لیتر آب در شبانه روز حتی هزینه ۱۰۰ میلیون تومان نیز منطقی است. علاوه‌بر این موارد باید مشخص شود آیا دستگاه قطعه مصرفی دارد، و در صورت داشتن قطعه مصرفی هزینه این تعویض بصورت سالانه چقدر است.

۳. جمع‌بندی

بررسی‌ها نشان می‌دهد تامین آب شیرین در بخش‌های مختلف صنعت دریایی از طریق روش‌های محدودی صورت می‌گیرد. این روش در شناورهای بزرگ اقیانوس پیما اعم از لندینگ کرافت‌ها، کشتی‌های بزرگ صیادی و باربری که مدت زمان طولانی (بیش از ۲ ماه) روی آب هستند و همچنین تمام سکوها نفتی و گازی، استفاده از مخازن ذخیره آب شیرین و دستگاه‌های تصفیه آب است. در سکوها نفتی و برخی کشتی‌های

شماره صفحه: ۵۴ از ۷۶	ویرایش چهارم آذر ماه ۱۴۰۰	شرکت توسعه بازار سام  SAM Market Analysis & Development
----------------------	------------------------------	---

اکیانوس پیمای چند صد نفر حضور دارند که تامین آب شیرین برای فعالیت‌های روزانه تا ۷۰۰ تن هم می‌رسد. بدلیل محدود بودن ظرفیت مخازن آب شیرین، از دستگاه‌های تصفیه آب RO استفاده می‌شود. سیستم‌های RO برق زیادی مصرف می‌کنند. زمانیکه نیاز باشد مخازن آب کشتی تجدید شوند، سیستم RO روشن می‌شود و پس از پر شدن مخزن دستگاه خاموش می‌شود. استفاده از سیستم‌های RO در طراحی کشتی تغییر ایجاد نکرده و ابعاد آن متناسب با حجم روزانه آب مورد نیاز کشتی، متغیر است. قیمت این سیستم‌ها با توجه به ظرفیت تولید روزانه از ۴۰ میلیون تومان تا ۴۵۰ میلیون تومان متغیر است. در برخی کشتی چند سیستم RO مورد نیاز است. بدلیل واردتی بودن ۸۵ درصد قطعات سیستم RO، قیمت آن متناسب با نرخ دلار متغیر است.

در شناورهای کوچک تامین آب شیرین متناسب با نوع کاربری شناور (صیادی، باربری، یک‌کش، خدمات رسان مانند آتش‌نشانی‌ها و ...)، مدت زمان سفر دریایی و منطقه فعالیت، متفاوت است. مقصد اکثر شناورهای باربری چه در منطقه خلیج فارس و چه در منطقه دریای عمان، به سمت دبی و امارات است. از این رو حداکثر مدت زمان سفر ۴ تا ۵ روز بوده و به دلیل تردد بالا در منطقه و نزدیکی فواصل بنادر به یکدیگر، راهکار خاصی برای تامین آب شیرین صورت نمی‌گیرد. در این شناورها از شبکه‌های آب قابل حمل و یا مخازن پلی اتیلن استفاده می‌شود. اما در مورد شناورهای صیادی اوضاع متفاوت است. شناورهای صیادی فعال در منطقه خلیج فارس یک هفته تا حداکثر ۱۰ روز (مطابق مجوز سازمان شیلات) روی آب هستند. در این شناورها مخازن آب شیرین طراحی شده است که متناسب با مدت زمان سفر و تعداد افراد حاضر در شناور یا لنج (معمولا ۱۰ نفر)، بارگیری می‌شود. حجم این مخازن متناسب با ابعاد شناور بوده و معمولا ظرفیت ۲ تا ۳ هزار لیتر را تامین می‌کنند. شناورهای صیادی فعال در دریای عمان به دو دسته یخی (شناور سنتی با مخازن یخ) و سردخانه‌ای (شناور پیشرفته‌تر دارای سردخانه) تقسیم می‌شوند. شناورهای سنتی حداکثر ۱۰ روز روی آب هستند (مشابه شناورهای صیادی منطقه خلیج فارس) و در تمام طول سال فعالیت می‌کنند. اما شناورهای سردخانه‌ای (حدود ۲۰۰۰) بین ۴۵ روز تا ۶۰ روز روی آب هستند و از مهرماه تا اردیبهشت سال بعد فعال‌اند و در سایر ماه‌های سال در بندر کناره می‌گیرند. هر دو دسته این شناورها دارای مخازن آب شیرین هستند. حجم مخازن در شناورهای سردخانه‌ای ۱۰ هزار تا ۵۰ هزار لیتر است. این شناورها غالبا بصورت گروهی به صید می‌روند تا در صورت بروز مشکل، سایر شناورها آن را رفع نمایند. بدلیل مدت طولانی سفر، میزان مصرف برق در این شناورها بسیار اهمیت دارد و جز در مسیر رفت و برگشت و یا جابجایی‌ها محدود، موتور شناور خاموش است.

جدول ۲۰- انواع روش‌های تامین آب شیرین

ردیف	روش تامین آب شیرین	نوع شناور	مدت زمان سفر (روز)
۱	مخازن آب قابل حمل پلی‌اتیلن	شناورهای باربری به مقصد امارات و دبی	حداکثر ۴ تا ۵
۲	مخازن آب ثابت	شناورهای صیادی کوچک در منطقه دریای عمان و خلیج فارس	۱۰ تا ۶۰
۳	مخازن آب ثابت و دستگاه‌های تصفیه آب	شناورهای بزرگ اکیانوس پیمای و تمام سکوها نفتی و گازی	بیش از ۶۰

لازم به ذکر است طراحی کشتی‌ها و انواع شناورها متناسب با حوزه کاربری آن‌ها از ابتدا مشخص است و ساخت آن‌ها در مجموعه‌های شناورسازی مطابق استانداردها صورت می‌گیرد.

همچنین در نهادهای دولتی نظیر سازمان امور عشایر، بنیاد امور مستضعفان و واحد پدافند ستاد بحران شهر تهران، طرح‌هایی برای تامین آب شرب در مناطق محروم و در شرایط بحران در حال اجراست. سازمان‌های نام برده درخواست ارائه اطلاعات فنی محصول طی نامه رسمی از سوی واحد متولی طرح را دارند.

در بخش گلخانه‌های هیدروپونیک و آکوپونیک که مدیریت مصرف آب بسیار اهمیت دارد، برای مساحت‌های رایج زیر یک هکتار (حدود ۵۰۰۰ متر مربع) حداقل دو هزار لیتر آب مورد نیاز است. از طرفی میزان رطوبت مورد نیاز در این گلخانه‌ها حدود ۶۰ درصد است که نباید تغییر کند. گلخانه‌های واقع در مناطق مرکزی کشور قطعا به چنین دستگاهی نیاز دارند اما حجم آب تولیدی توسط این دستگاه می‌بایست حداقل دو هزار لیتر در شبانه روز باشد.

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
بخش دوم - بررسی بازار روش‌های تهیه آب شرب از طریق برداشت آب از هوا		

۴. پیشنهادات

باتوجه به ویژگی‌های محصول مورد بررسی در این گزارش و محدودیت حجم آب شرب تولیدی (روزانه ۸۰ لیتر)، این پلتفرم در شناورهای بزرگ اقیانوس پیما کارایی ندارد. حجم آب روزانه مورد نیاز این گروه در مقیاس توناژ است. همچنین در شناورهای باربری به دلیل تردد بالا و مدت زمان کوتاه سفر، چالش و دغدغه‌ای در تامین آب شرب وجود ندارد. در خصوص شناورهای صیادی که به مدت ۱۰ روز روی آب هستند، علاوه بر اینکه مخزن ذخیره آب، نیاز شناور را در این مدت تامین می‌کند، دیدگاه سنتی غالب مالکان شناورها مانع از ورود تکنولوژی به این بخش می‌شود.

در خصوص شناورهای صیادی سردخانه‌ای حجم مخازن آب متناسب با مدت سفر است. از طرفی میزان مصرف برق (بخصوص برای فعالیت سردخانه)، در این شناورها بسیار اهمیت دارد. با توجه به منطقه فعالیت و تلاطم شدید شناور، موضوع محل مناسب برای پلتفرم اهمیت دارد.

با توجه به آنچه گفته شد انطباق ویژگی‌های فنی فناوری مورد بررسی با ساختمان شناورهای سردخانه‌ای از جهت منبع تامین برق (ترجیحا بصورت باتری)، محل قرار گیری در شناور و ثبات آن، حجم آب تولیدی و ... مورد نیاز است. در صورت تطبیق فنی محصول با ساختار شناور، اتحادیه صیادی منطقه چابهار تنها محصول مورد بررسی را به مالکان شناورهای سردخانه‌ای معرفی می‌کنند و استقبال مالکان از این محصول قابل پیشبینی نیست.

مستندات پیوست

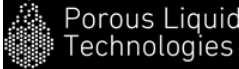
پیوست ۱- جدول شرکت‌ها و محصولات آن‌ها

ردیف	شرکت	محصولات	کاربرد
۱	 BASF The Chemical Company	MIL-۵۳ (Basolite A ۱۰۰)	✓ جداسازی ترکیبات آلکیل آروماتیک C ₈ ✓ جداسازی گازهای دو جزئی مانند (CO ₂ /CH ₄) و (CO ₂ /N ₂) ✓ جذب گاز هیدروژن و جذب فوق بحرانی گاز CO ₂
		HKUST-1, Cu -BTC, -۱۹۹ Cu ₃ (BTC) ₂ , MOF (Basolite C ۳۰۰)	✓ جذب گاز CO ₂ , CO, H ₂ , O ₂ , N ₂ و جذب مایع دی بنزوتیوفن
		Fe-BTC (Basolite F ۳۰۰)	✓ ذخیره انرژی از طریق باتری لیتیم یون ✓ جذب فوق بحرانی گاز CO ₂
		ZIF-۸ (Basolite Z ۱۲۰۰)	✓ در ساخت غشاهای ماتریسی که در فرآیندهای جداسازی گازهایی مانند هیدروژن و بازیابی نیتروژن استفاده می‌شود. ✓ به عنوان فیلتر در تشکیل غشاها بر پایه PDMS جهت نانو فیتراسیون مقاوم در برابر حلال (SRNF) ✓ به عنوان مواد متخلخل برای جذب و تشخیص سموم دفع آفات در کشاورزی ✓ مورد استفاده جهت جداسازی (ایزومرهای پارافینی، آلکان‌ها) ✓ در حسگرها ✓ جذب گاز هیدروژن
		- (Basolite M ۰۵۰)	- ✓
		IRMOF-۷۴-I (Basolite M ۷۴)	- ✓
		- (Basolite A ۵۲۰)	- ✓
		MOF-۱۷۷ (Basolite Z ۳۷۷)	✓ جذب گاز هیدروژن
		MOF-۵ IRMOF-۱ (Basolite Z ۱۰۰-H)	- ✓

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ -	IRMOF-۸ (Basolite Z ۲۰۰)		
✓ جذب هفتمند گاز کربن دی‌اکسید ✓ غشاهای جداسازی ✓ حسگرها	Al-MIL-۵۳		۲
	ZIF-۷		
	ZIF-۶۷		
	ZIF-۸		
	CuBTC(HKUST-۱)		
	PCN-۲۵۰-Fe _۳		
	MOF-۵		
	Zr-Fumarate		
	Mg-Formate		
	Cu-MOF-۷۴		
	Co-MOF-۷۴		
	Ni-MOF-۷۴		
	Mg-MOF-۷۴		
	Mn-MOF-۷۴		
	CAU-۱۰۰-H		
	Al(OH)Fumarate		
	Fe-BTC		
✓ با مساحت سطح ویژه حدود $۱۸۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	CuBTC(HKUST-۱)		۳
✓ تمایل به جذب گاز CO ₂ اما برای آب مناسب نیست.			
✓ مقاوم به طیف وسیعی از دماها و شرایط و دارای مساحت سطح ویژه $۱۵۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	MIL-۵۳(Al)		
✓ تغییر گزینش‌پذیری از طریق لیگاندهای عامل‌دار			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۱۲۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$ و مواد اولیه نسبتاً ارزان	Al Fumarate		
✓ مناسب برای جذب آب و انتقال حرارت			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۱۸۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	ZIF-۸		
✓ جداسازی گونه‌های آب‌گریز و هیدروکربن‌هایی مانند آلکان‌ها و آلکن‌ها			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۷۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	ZIF-۶۷		
✓ از لحاظ ساختاری مشابه ZIF-۸ بوده و بدلیل نوع فلز مرکزی گزینش‌پذیری متفاوتی دارد.			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۱۳۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	MOF-۷۴ (Ni) CPO-۲۷(Ni)		
✓ از لحاظ کاربرد مشابه HKUST-۱ بوده اما نسبت به جذب آب پایداری بهتری دارد.			
✓ پایداری بسیار زیاد در جذب چرخه به چرخه گاز CO ₂			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۹۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	MOF-۷۴ (Zn) CPO-۲۷ (Zn)		
✓ از لحاظ کاربرد مشابه CPO-۲۷(Ni) بوده اما ظرفیت جذب گاز CO ₂ در آن، نسبت به CPO-۲۷(Ni)			
✓ کمتر بوده و نسبت به برخی گونه‌های شیمیایی با هزینه کمتر، گزینش‌پذیری بیشتری دارد.			
✓ دارای مساحت سطح ویژه $۱۴۰۰ \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$	MIL-۱۰۰(Fe)		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ به دلیل داشتن اندازه منافذ متعدد در ساختار، برای کاربردهای جداسازی گاز مفید است ✓ همچنین می‌تواند برای جذب آب نیز استفاده شود و به دلیل انرژی مورد نیاز کم برای بازیابی مورد توجه است. ✓ دارای مساحت سطح ویژه $1000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ که نسبت به MIL-100(Fe) کمتر است. ✓ به دلیل داشتن اندازه منافذ متعدد در ساختار، برای کاربردهای جداسازی گاز مفید است. ✓ تراکم بیشتر نقاط نقص در این ساختار، توانایی آن را برای جذب برخی از گونه‌های قطبی بهبود داده است. ✓ به عنوان کاتالیزور	Fe-BTC		
✓ امکان جذب گاز طبیعی در فشار ۶۵ بار ✓ ذخیره‌سازی سوخت در خودروها ✓ دارورسانی	monolithic HKUST-۱		۴
✓ انحلال گازها در یکدیگر یا جداسازی آن‌ها بوسیله مایعات متخلخل	-		۵
✓ استفاده از MOFها در حوزه پزشکی برای ترمیم زخم‌های مزمن، جلوگیری از عفونت و رشد باکتری	تحقیقاتی		۶
✓ در فیلترها حساس نسبت به موادی مانند کربن فعال	UiO-۶۶-Zr		۷
✓ رهایش کنترل شده ماده موثره قارچ‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی	توافق با شرکت FrontierIP		۸
✓ در حوزه انرژی تجدیدپذیر جهت تولید باتری‌ها و محصولات لیتیم یون در مقیاس بزرگ جهت ارتقا فناوری استخراج لیتیم ✓ خنک کننده جذبی ✓ لوازم الکترونیکی ✓ ذخیره‌سازی گاز ✓ تصفیه هوا	UiO-۶۶-BDC		۹
	UiO-۶۶-BDC.NH ₂		
	UiO-۶۶-ADC		
	UiO-۶۶-FA		
	UiO-۶۶-BDC-COOH		
	UiO-۶۶-BDC/UiO-۶۷		
	CAU-۱۰		
✓ افزایش ظرفیت جذب متان و پایداری نسبت به آب ✓ افزایش چشمگیر جذب آب بصورت برگشت‌پذیر در UiO-۶۷-BN نسبت به UiO-۶۷-Me و پایداری بیشتر در گستره‌ای از pHهای متفاوت در محلول‌های آبی	UiO-۶۷-Me		
	UiO-۶۷-BN		
✓ این محصولات در گزارش تحقیقاتی که توسط این شرکت منتشر شده وجود دارد. اما در بین محصولات تجاری شده این شرکت مشاهده نشد.	MIL-۶۸ MIL-۵۳ MOF-۷۴ (CPO-۲۷)		۱۰
✓ ضمن حفظ استحکام، وزن مخازن ساخته شده با MOF حدود ۵۰ درصد وزن مخازن فولادی بوده و ظرفیت ذخیره‌سازی گاز بصورت قابل توجهی افزایش یافته	CubiTan		۱۱

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	 ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	مستندات پیوست

ردیف	شرکت	محصولات	کاربرد
			✓ کاربرد MOF ها در غشاهای جداسازی با هدف جذب CO ₂ و آزادسازی مجدد
۱۲		ZIF-۸	✓ در جوهرهای نشان‌دار برای نوشتن ✓ در جوهرهای مورد استفاده در لاستیک‌های متخلخل (عدم نیاز به پد جوهر) ✓ در جوهرهای دستگاه چاپ ✓ در جوهرهای نمایشگر وسایل الکترونیکی (مانند تلویزیون و ...)
۱۳		ION-X	✓ پلتفرم ذخیره‌سازی، تثبیت و آزادسازی کنترل شده مولکول‌های بکار رفته در مراحل تولید نیمه هادی (مربوط به کاشت یون که از مواد سمی استفاده می‌شود)
۱۴		AYRSORB™ P۱۵۱	✓ دارای عمل‌های آمینی ✓ پایداری در برابر آب، فشار و دمای زیاد ✓ میزان جذب بیشتر نسبت به جاذب‌های جامد (۲۱ درصد وزنی) ✓ برای جذب CO ₂ در شرایط مختلف محیطی
		AYRSORB™ F۱۰۰	✓ بر پایه آهن و BTC ✓ ساختاری شبیه به MIL-۱۰۰ ✓ رطوبت‌زدایی در تهویه مطبوع ✓ جاذب اکسیدهای نیتروژن ✓ هزینه کم تولید ✓ امکان استفاده در نمای ساختمان‌ها در آینده ✓ طراحی بصورت اورگانیکی فضایی برای برداشت آب از هوا
		AYRSORB™ F۲۵۰	✓ بر پایه آهن رو بر اساس MIL-۱۲۷ و PCN-۲۵۰ ✓ جذب متان و جداسازی اتان-اتیلن ✓ بواسطه جذب فیزیکی مناسب برای جداسازی هیدروکربن‌های سبک در زنجیره ارزش نفت و گاز ✓ پایداری شیمیایی در محلول‌های آبی برای طیف وسیعی از pH های ۱ تا ۱۲ ✓ پایداری در برابر فشار و سازگار با محیط زیست ✓ مناسب برای کاربردهای صنعتی
		AYRSORB™ T۱۲۵	✓ بر پایه تیتانیوم و بر اساس MIL-۱۲۷-NH ₂ و PCN-۲۵۰ ✓ فتوکاتالیست برای جذب و تجزیه گازهای آلی فرار
		-	✓ برای جذب CO ₂ در شرایط محدودیت فضای محیط ✓ جداسازی الفین‌ها در صنایع نفت و گاز
۱۵			
۱۶		CPI-۱۰۰	✓ پلتفرم مبتنی بر پلیمرهای کنورپذیر شده که بصورت انتخابی ترکیبات شیمیایی تحریک کننده تمورها را آزاد می‌کند.

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 ریاست جمهوری سازمان توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ پلتفرم افزایش‌دهنده اثرات پرتودرمانی و رادیوتراپی اشعه ایکس تا در نهایت دوز مورد نیاز از اشعه ایکس برای از بین بردن تومورهای سرطانی کاهش پیدا می‌کند.	RiMO		۱۷
✓ کم هزینه، و تشخیص زود هنگام گاز متان ✓ تشخیص دقیق غلظت CO ₂ در محیط و تعیین کیفیت هوای تنفسی	MOF در حسگر گاز CO ₂ و متان		۱۸
✓ پیشنهاد استفاده در صنایع در مرحله پس از فرایند احتراق به منظور جذب CO ₂	UiO-۶۶		۱۹
✓ برای برداشت آب از اتمسفر در مقیاس کیلوگرم در رطوبت نسبی ۱۵ درصد	MOF-۸۴۱ MOF-۸۰۱ MOF-۳۰۳		۲۰
✓ رسانایی بیشتر و ضخامت کمتر در غشا ✓ کاهش چشمگیر هزینه در صورت جایگزین نمودن فلزات مواد نانو مواد متخلخل در کاتالیزور بجای پلاتین	غشاهای مبتنی بر مواد نانو متخلخل در سلول‌های سوختی		۲۱
✓ ذخیره گاز ✓ جذب CO ₂ ✓ جداسازی ✓ تشخیص ✓ کاتالیزور ✓ دارو رسانی ✓ تصفیه آب	ZIF-۸		۲۲
✓ کاتالیزور ✓ مواد لومینسانس ✓ کاربردهای پزشکی ✓ فناوری غشا	MIL-۵۳-Al		
✓ ذخیره گاز ✓ جداسازی ✓ تصفیه	MIL-۱۰۰-Cr		
✓ جداسازی گاز، بخار ✓ ذخیره گاز ✓ کاتالیزور ✓ مواد لومینسانس ✓ تصویربرداری پزشکی ✓ دارو رسانی و رهایش گرما، نور یا سایر مواد به انواع خاصی از سلول‌ها	MIL-۵۳		
✓ جداسازی ✓ ذخیره گاز	Cu(HKUST-۱)		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 ریاست جمهوری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ کاتالیزور ناهمگن ✓ در تحقیقات دانشگاهی (آزمایشگاه)			
✓ ذخیره و جداسازی و تصفیه گاز ✓ ذخیره و تبدیل انرژی ✓ حسگرها ✓ هدایت مغناطیسی	MIL-۸۹		
✓ جداسازی ✓ ذخیره گاز ✓ کاتالیزور ✓ دارو رسانی ✓ در تحقیقات دانشگاهی	MOF-Mn		
✓ ذخیره سازی گاز ✓ پایداری حرارتی تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد	SnO ₂ -MOF		
✓ کاتالیزور ✓ مواد لومینسانس	MIL-۴۷-V		
✓ کاربردهای پزشکی ✓ فناوری غشا	Ni-MOF		
✓ ذخیره و جداسازی گاز ✓ تصفیه	MIL-۱۰۱-Cr		
✓ افزایش کیفیت منسوجات	MOF-۱۴-Cu		
✓ ذخیره و جداسازی گاز ✓ کاتالیزور ✓ حسگر ✓ ذخیره و تبدیل انرژی ✓ رساناها	Dy- MOF		
✓ ذخیره جداسازی و تصفیه گاز ✓ کاتالیزور ✓ حسگر ✓ ذخیره و تبدیل انرژی ✓ رساناها	MOF-۷۶-Eu		
✓ ذخیره و جداسازی گاز ✓ کاتالیزور ✓ حسگر ✓ ذخیره و تبدیل انرژی ✓ دارو رسانی	Zn-BDC-MOF		
✓ درمواد الکتروود در حسگرها برای سنجش‌های الکتروشیمیایی (عایق بودن و پایداری کم MOFها در محیط‌های آبی محدودیت ایجاد می‌کند)	MOF-۵, IRMOF-۱		
	MOF-۱۷۷-Zn		
	NH ₂ -MIL-۱۲۵-Ti		
	CPO-۲۷-Ni		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

ردیف	شرکت	محصولات	کاربرد
		Sm-MOF	✓ کاتالیزور ✓ مواد لومینسانس ✓ کاربردهای پزشکی ✓ فناوری غشا ✓ ذخیره و جداسازی گاز ✓ تصفیه
		MOF-۸۰۱-P	✓ جذب و آزادسازی آب ✓ جذب و جداسازی ✓ کاتالیزور ✓ دارو رسانی ✓ تشخیص فلورسانس
		Co-MOF-۷۴	✓ برای جذب CO ₂
		Zn-MOF-۷۴	
		Ni-MOF-۷۴	
۲۳		LiTAS	✓ استخراج سریع، کم هزینه و با راندمان زیاد لیتیم
۲۴		-	✓ در حال تحقیق در مورد استفاده از MOF در غشاهای مبادله یونی
۲۵		CAU-۱۰	✓ جذب آب ✓ جاذب در فرایندهای تبادل حرارتی
		MIL-۵۳-Al	✓ جذب متان و CO ₂ ✓ جذب هیدروکربن
		MIL-۱۰۱-Al-NH ₂	✓ جداسازی و جذب CO ₂ ✓ در واکنش تراکمی نووناگل
		Cu-HKUST-۱	✓ جداسازی، جذب و ذخیره CO ₂ ✓ ذخیره هیدروژن ✓ جذب آمونیاک
		Bis(1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane)tetra(copper(I) iodide) (CuI) ₄ (DABCO) ₂	✓ حساس به هوا
		Bis(N,N'-dimethylpiperazine)tetra[copper(I) iodide], MOF	✓ حساس به رطوبت
		(Hexamethylenetetramine)penta[copper(I) cyanide], MOF	✓ حساسیت شدید به رطوبت
		Porous-[PCN-۲۵۰-Fe] (AYRSORB™ F۲۵۰)	✓ ظرفیت زیاد ذخیره گاز (متان و هیدروژن) ✓ در سیستم‌های تصفیه گاز ✓ پایداری در گستره pH ۱ تا ۱۱ ✓ پایداری در محلول‌های آبی و خنثی

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	 ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست	

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ پایداری حرارتی در محلول‌های آبی ✓ پایداری شیمیایی ✓ جذب و جداسازی گاز ✓ کاتالیزور	MIL-۱۰۰-Fe (KRICT F۱۰۰)		
✓ پایداری حرارتی بسیار زیاد ✓ مورد مصرف در اهداف تحقیقاتی	MIL-۱۲۵-Ti-NH ₂ (AYRSORB™ T۱۲۵)		
✓ جداسازی آلکان‌ها، آلکن‌ها و ترکیبات آروماتیک، ایزومرها و ترکیبات دوتایی (پروپیلن-پروپان) ✓ کاتالیزور ✓ تصفیه گاز (در غشای مخلوط ماتریس برای تفکیک متان و CO ₂ ، در غشای جداسازی هیدروژن)	ZIF-۸		
✓ ذخیره هیدروژن و متان ✓ جذب آب برای کاربردهای رطوبت‌زدایی، باتری‌های حرارتی و آب‌رسانی در مناطق دور افتاده ✓ برداشت آب از هوا ✓ تحت گواهی Inven ₂ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.	UiO-۶۶-FA Zirconium trans-1, 2-ethylenedicarboxylic acid MOF		
	UiO-۶۶-FA Zirconium Fumarate MOF		
✓ پایداری بسیار زیاد ✓ تحت گواهی Inven ₂ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.	UiO-۶۶-BDC		
✓ جذب CO ₂ ✓ کاتالیزور تبدیل عوامل سمی به مواد غیر سمی ✓ تحت گواهی Inven ₂ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.	UiO-۶۶-BDC-NH ₂		
✓ جذب CO ₂ ✓ افزایش ظرفیت جذب آمونیاک ✓ تحت گواهی Inven ₂ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.	UiO-۶۶-BDC-COOH		
✓ پایداری در برابر آب، دما و فشار زیاد، حلال‌های مختلف (حلال‌های اسیدی و بازی) ✓ جذب بخار آب برگشت‌پذیر ✓ جذب متان ✓ تحت گواهی Inven ₂ AS برای اهداف تحقیقاتی به فروش می‌رسد.	UiO-۶۶-BPDC/UiO-۶۷		
✓ پایداری در برابر حرارت، مواد شیمیایی و فشار	UiO-۶۶		
✓ تشخیص ایزوتوپ‌های پایدار جهت افزایش کنترل کیفیت در فرایندهای غنی‌سازی ✓ جایگزین مناسب برای دستگاه NMR	LanthaLUX		۲۶

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	 ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست	

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ حساسیت زیاد نسبت به D_2O در تصفیه آب سنگین، داروهای حاوی دوتریم و کاربردهای صنعتی (مانند تشخیص میزان آلودگی آب‌های صنعتی) ✓ تشخیص میزان رطوبت در صنایع مختلف ✓ جایگزین مستقیم تیتراسیون کارل فیشر بدون تولید ضایعات خطرناک هالوژنه ✓ دقت بسیار زیاد در حلال‌های قابل امتزاج با آب ✓ تشخیص و تعیین میزان آلاینده‌های سوخت (مانند آب، گونه‌های حاوی گوگرد، متانول، اتانول و DEF) ✓ بهبود و اجرای آسان و آیین‌نامه‌های کنترل کیفیت در صنعت سوخت حمل و نقل هوایی، دریایی و جاده‌ای ✓ قابلیت تشخیص برای طیف گسترده‌ای از آنالیت‌ها شامل بنزن، زایلن، تولوئن، نیترا، دیوکسین، ترکیبات گوگرد، سیانی، فلوراید، جیوه و ... ✓ تشخیص انتخابی با دقت ppm			
✓ جذب و آزادسازی CO_2 ✓ تصفیه گازهای زیستی	CALF γ •		۲۷
✓ لینکرهای ساخت MOF	-		۲۸
✓ در حال تحقیق برای سه کاربرد جداسازی گاز (پروپن-پروپان، جداسازی گازهای اسیدی، تصفیه CO_2 و H_2)، جداسازی مایع (زایلن، بازیابی ترکیبات حاوی نیتروژن و گوگرد از هیدروکربن‌ها) و کاتالیزور (پلیمریزاسیون اپوکسیدها و اکسیداسیون هیدروکربن‌ها)	-		۲۹
✓ تولیدکننده لینکرهای MOFها	-		۳۰
✓ برای کاربردهای صنعتی و تحقیقاتی	MIL-۵۳-Al		۳۱
	MIL-۱۰۰-Cr		
	MIL-۱۰۱-Cr		
	Cu(HKUST-۱)		
	MOF-۱۴-Cu		
	Dy-MOF		
	MOF-۷۶-Eu		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
	Ferrous MOF		
	IRMOF-۲۰		
	MOF-۵-Fe		
	MOF-Mn		
	MIL-۸۹		
	Ni-CPO-۲۷		
	Ni-MOF		
	Sm-MOF		
	Tb-MOF-۷۶		
	Sn-MOF		
	Ti-MOF		
	V-MIL-۴۷		
	Zn-ZIF-۸		
	Zinc-ZIF-۸		
	MOF-۸۴۱		
✓ -	-	MERCK	۳۲
✓ -	-	BOSCH Invented for life	۳۳
✓ در حال تحقیق و بررسی	MOF@MOF	SAMSUNG ELECTRONICS	۳۴
✓ جذب گاز CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس	MIL-۱۰۱-Fe-NH ₂	CHEMSOON®	۳۵
	MIL-۱۰۱-Fe		
	MIL-۱۰۰-Fe		
	MIL-۸۸B-Fe-NH		
	MIL-۸۸B-Fe		
	MIL-۶۸-Fe		
	MIL-۵۳-Fe-NH ₂		
	MIL-۵۳-Fe		
	MIL-۸۸A-Fe		
	PCN-۲۵۰-(Fe ₂ Co)		
	PCN-۲۵۰-Fe		
	PCN-۶۰۰-Fe		
	MIL-۱۰۰-Fe و (free Fe)		
✓ جذب گاز CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور بازی	HKUST-۱(Cu)		
✓ جذب گاز CO ₂ و SO ₂	SIFSIX-۱-Cu		
✓ جداسازی گاز (اتان-اتیلن) ✓ جذب گاز CO ₂ و SO ₂	SIFSIX-۲-Cu-i		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
–	SIFSIX-۳-Cu		
✓ جذب و جداسازی گاز (مانند CO ₂ ، استیلن-اتیلن) ✓ برای انتقال یون	CPL-۱		
	CPL-۲		
	CPL-۵		
	Cu(QcQc)		
✓ رسانای ۲D	Cu-HHTP		
	Cu-HHB		
✓ در حال تحقیق و بررسی	DUT-۸-Cu		
	Bis(N,N'-dimethylpiperazine)tetra[copper(I) iodide]		
	Bis(1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane)tetra(copper(I) iodide) (CuI) ₄ (DABCO) ₂		
✓ حامل کاتالیزور ✓ جذب گاز و آلاینده‌ها ✓ فتوکاتالیست تبدیل O ₂ به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی	Al-PMOF		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها در محلول‌های آبی ✓ کاتالیزور اسید لوئیس	MIL-۶۸-Al		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند یون‌های فلزات ✓ کاتالیزور اسید لوئیس ✓ جاذب آب در رطوبت کم و خشک‌کننده صنعتی	MOF-۳۰۳-Al		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ جداسازی ایزومرهای آلکان	Al-bttotb		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ حامل مولکول‌های دارو، پپتید و آنزیم‌ها	PCN-۳۳۳-Al		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس	Al-Fum		
✓ جذب گازها مانند و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل ✓ حامل مولکول‌های دارو (به راحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	CAU-۲۱		
–	DUT-۵		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس	MIL-۵۳-Al		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها	MOF-۲۵۳-Al		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 رابست جمهوری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ کاتالیزور اسید لوئیس و فتوکاتالیست فعال (با بکارگیری فلزاتی مانند Cu، Pd، Pt)			
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها	MIL-۱۰۱-Al-NH		
-	MIL-۹۶-Al		
-	MIL-۱۰۰-Al		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ حامل کاتالیزور	CAU-۱-NH ₂		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها در مقیاس زیاد ✓ حامل کاتالیزور	CAU-۱۰		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ مانند و آلاینده‌ها ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۷۰		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۶۹ (MOF-۵ یا IRMOF-۱)		
✓ جداسازی و ذخیره گاز H ₂ ✓ همراه نیتروژن دپ شده در ساختار برای جذب گازها مناسب است.	ZIF-۱۱		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۱۴		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	IRMOF-۹		
-	IRMOF-۸		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۶۸		
-	ZIF-۹۰		
-	ZIF-۶۴		
✓ ذخیره و جداسازی گاز H ₂ ✓ جداسازی اتان-اتن ✓ همراه نیتروژن دپ شده در ساختار برای جذب گازها مناسب است.	ZIF-۷		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ جاذب کارآمد متان و هیدروژن	MOF-۱۷۷		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ کاتالیزور اسید لوئیس در واکنش‌های تراکمی نووناگل	IRMOF-۳		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	 رابست جمهوری سازمان توسعه فناوری نانو
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	MOF-۵		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ حامل مولکول‌های دارو (براحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۸		
-	Uio-۶۶-F ₄		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ حذف یون‌های فلزات سنگین مانند Hg ²⁺	Uio-۶۶-DMSA		
✓ ان-کپسوله کردن آنزیم‌ها و آلودگی‌های مولکولی بزرگ ✓ حامل کاتالیزور	NU-۱۰۰۳		
-	نام محصول ذکر نشده-فرمول محصول C ₄₈ H ₂₄ O ₃₈ Zr ₆		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ همراه با گروه‌های مرکاپتو در تحقیقات بیوشیمیایی آنزیم‌ها و پپتیدها مورد استفاده قرار می‌گیرد.	SH-Uio-۶۶		
✓ از جنس شیشه و در تحقیقات اپتیک و حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.	ZIF-۶۲		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ برای جذب و آزادسازی مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها	PCN-۱۲۸		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و آلاینده‌ها ✓ هدایت خوب پروتون ✓ قابل تهیه در مقیاس ۱۰۰ گرم ✓ امکان رسوب کردن بوسیله نیتروژن دوپ شده	MIP-۲۰۲		
✓ فتوکاتالیست تبدیل O ₂ به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی ✓ جاذب گاز و آلاینده‌ها ✓ حامل کاتالیزور	PCN-۲۲۳		
✓ فتوکاتالیست تبدیل O ₂ به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی ✓ حامل احتمالی برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها ✓ حامل کاتالیزور ✓ جاذب گازها و آلاینده‌ها	PCN-۲۲۲-H		
✓ جاذب برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها ✓ حامل کاتالیزور ✓ جاذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂	PCN-۷۷۷		

ردیف	شرکت	محصولات	کاربرد
		PCN-۲۲۴	✓ جذب گاز پروپان و آلاینده‌هایی مانند Hg^{2+} ✓ حساس به نور و مورد استفاده در تشخیص و عکس‌برداری سلول‌های سرطانی ✓ تشخیص O_2 ، N_2 و Hg^{2+}
		Uio-۶۶-MSA	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ حذف یون‌های فلزات سنگین مانند Hg^{2+}
		NU-۱۰۰۰	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ حامل کاتالیزور
		Uio-۶۸-Zr	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ حامل کاتالیزور
		$Uio-۶۶-(COOH)_2$	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ گروه‌های کربوکسیلیک اسید می‌تواند برای اتصال به پپتیدها و یا آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گیرد. ✓ اتصال گروه‌های کربوکسیلیک اسید به یون‌های فلزی امکان ایجاد پروب فلزی
		$Uio-۶۶-SO_3H$	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ گروه‌های سولفونیک نقش کاتالیزور اسیدی و غشای کاتیونی دارد.
		PCN-۲۲۲-Fe	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ جذب برای مولکول‌های دارو، پپتیدها و آنزیم‌ها ✓ فتوکاتالیست تبدیل O_2 به O در واکنش‌های آلی و حسگرهای زیستی ✓ حامل کاتالیزور
		MOF-۸۰۸	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ فعالیت کاتالیزوری شبیه به پراکسیداز
		MOF-۸۶۷	-
		Uio-۶۶	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ حامل کاتالیزور
		Uio-۶۷	
		$Uio-۶۶-COOH$	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ گروه‌های کربوکسیلیک اسید می‌تواند برای اتصال به پپتیدها و یا آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گیرد. ✓ اتصال گروه‌های کربوکسیلیک اسید به یون‌های فلزی امکان ایجاد پروب فلزی
		$Uio-۶۶-BDC-NH_2$	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO_2 ✓ تغییر گروه آمین ضمن حفظ ساختار MOF
		MIL-۱۲۵-Ti-NH	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها ✓ فعالیت فتوکاتالیستی
		MIL-۱۲۵-Ti	✓ جذب گازها و آلاینده‌ها

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ فعالیت فتوکاتالیستی برای تجزیه CO ₂ و آلاینده‌های آلی			
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂	F-Free-MIL-۱۰۱-Cr		
-	MIL-۱۰۱-Cr-NO ₂		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ گروه سولفونیک اسید به عنوان کاوشگر یون استفاده شود یا در مواد غشایی ترکیب شود.	MIL-۱۰۱-Cr-SO ₃ H		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂	MIL-۱۰۱-Cr-NH ₂		
✓ -	MIL-۱۰۱-Cr-ED		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ مناسب به عنوان حامل دارویی	MIL-۱۰۰-Cr		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ کاتالیزور اسید لوئیس	MIL-۵۳-Cr		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂	MIL-۱۰۱-Cr		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ کاتالیزور اسید لوئیس آهن	PCN-۲۵۰(Fe ₂ Co)		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ و SO ₂ ✓ جداسازی اتان - اتیلن	Mg-Gallate		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و متان و آلاینده‌های هوا ✓ ناپایدار در آب ✓ مناسب برای جذب و رهایش دارو	MOF-۷۴-Mn		
	Mg ₂ (dobpdc)		
	MOF-۷۴-Ni		
	MOF-۷۴-Co		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ حامل کاتالیزور ✓ کاتالیزور واکنش‌های اکسیداسیون	MOF-۷۴-Mg		
	Uio-۶۶-Ce		
	Co(AIP)(BPY)		
	DUT-۸-Co		
-			
-	DUT-۸-Ni		
✓ جذب گازها مانند CO ₂ و H ₂ S و آلاینده‌های هول ✓ جداسازی پروپیلن-پروپان	NbOFFIVE-۱-Ni		
✓ جذب گاز و آلودگی ✓ شناسایی یون‌های فلزی و کاتیون‌هایی مانند NH ₄ ⁺	MIL-۱۲۴-In		
✓ -	ZIF-۹		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂ ✓ حامل مولکول‌های دارو (به راحتی در معده تجزیه شده و محتوای دارویی آزاد می‌شود)	ZIF-۶۷		
✓ جذب گازها و آلاینده‌ها مانند CO ₂	MOF-۸۰۱		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
✓ قابلیت جذب رطوبت، جاذب آب و خشک کننده			
✓ در ترکیب با پلی آمید متخلخل برای ساخت غشاهای جداسازی (MMM) ✓ جداسازی CO ₂ و متان در فشار کم	Uio-۶۶		۳۶
	ZIF-۸		
✓ در ساخت غشاهای مورد استفاده در جداسازی گازها	MIL-۱۰۱		
	MOF-Cr		
	MOF-۵۰۵		
✓ ظرفیت جذب زیاد گاز CO ₂ در فشار کم ✓ ابر جاذب	MOF-۷۴		
	Cu ₃ (BTC) ₂		
✓ MOFهای مبتنی بر Al، از آزادسازی کربن در فرایند در بازیافت محصولات پلاستیکی و فلزی جلوگیری می‌کند.	MIL-۵۳-Al-TPA		
✓ کاتالیزور	HKUST-۱		
	MOF-۱۹۹		
	MOF-Co		
✓ جداسازی گازها	NU-۱۱۰۰		
-	GS- MOF-Uio-۶۶		۳۷
-	GS-MOF-ZIF-۸		
-	GS-MIL-۱۰۰		
-	GS-MOF-۷۴-Ni		
-	GS-MOF-۱۰۱-Cr		
-	GS-MOF-۷۴-Cu		
-	GS- MOF-Cu (BTC)		
-	GS-MOF-۸۰۱		
-	GS- MOF-Uio-۶۷		
✓ جذب آب و رطوبت‌زدایی فوق العاده (قابلیت سفارشی سازی)	DehumOF		۳۸
-	-		۳۹
✓ در حال تحقیق با هدف جذب مستقیم CO ₂ از هوا	Airthena		۴۰
-	HKUST-۱		۴۱
-	MIL-۵۳		
-	MOF-۵		
-	MOF-۷۴-Mg		

گزارش بررسی بازار چهارچوب‌های فلز-آلی (MOFs)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	
مستندات پیوست		

کاربرد	محصولات	شرکت	ردیف
–	MOF-۷۴-Ni		
–	MOF-۷۴-Zn		
–	Uio-۶۶		
–	Uio-۶۷-NH ₂		
–	SOD-Zn(Ethynylimidazole) ₂		
–	SOD-Zn(Vinylimidazole) ₂		
–	ZIF-۸		
–	ZIF-۹۰		

پیوست ۲- جدول MOFهای مورد استفاده برای جذب آب

توضیحات	کاربرد	شرکت	MOFهای مورد استفاده برای جذب آب
میزان جذب سرمایه طی یک دوره و به میزان ۷۴۹ هزار پوند بوده و بودجه این شرکت توسط گروه Foresight تامین می‌شود.	مناسب برای جذب آب و انتقال حرارت	Promethean Particles	Al Fumarate
			(Ni) CPO-۲۷(Ni) MOF-۷۴
-	جذب آب بصورت برگشت‌پذیر در محلول‌های آبی و در گستره‌ای از pHهای متفاوت	ProfMOF	UiO-۶۷-BN
			UiO-۶۷-Me
-	جاذب آب در رطوبت کم و خشک‌کننده صنعتی	Chemsoon	MOF-۳۰۳-Al
میزان جذب سرمایه طی یک دوره مالی و به میزان ۴/۱ میلیون دلار بوده است.	جذب آب از هوا با صرف انرژی کم و در رطوبت نسبی ۱۵ درصد	Water Harvesting	MOF-۸۰۱
		Chemsoon	
-	جاذب آب در رطوبت کم و خشک‌کننده صنعتی		
-	در صنعت غذایی، برای ذخیره‌سازی گازها، در رساناها، کاتالیزور، حسگرها، تصفیه گازها، بهبود کیفیت منسوجات، جذب گاز و مایع و ...	Nanosheel	
-	جذب آب بخار آب و آزادسازی آن	Green Science Alliance	
میزان جذب سرمایه طی یک دوره مالی و به میزان ۴/۱ میلیون دلار بوده است.	جذب آب از هوا با صرف انرژی کم و در رطوبت نسبی ۱۵ درصد	Water Harvesting	MOF-۸۴۱
		Nano Research Elements	
-			
	جذب آب برای کاربردهای رطوبت‌زدایی، باتری‌های حرارتی و آب‌رسانی در مناطق دور افتاده و همچنین برداشت آب از هوا	Strem Chemicals	UiO-۶۶-FA
	جذب آب بصورت برگشت‌پذیر در محلول‌های آبی و در گستره‌ای از pHهای متفاوت	ProfMOF	
	جذب آب برای کاربردهای رطوبت‌زدایی، باتری‌های حرارتی و آب‌رسانی در مناطق دور افتاده و همچنین برداشت آب از هوا	Strem Chemicals	-BPDC/UiO-۶۷ UiO-۶۶
-	در جذب آب و رطوبت‌زدایی فوق العاده همراه با قابلیت سفارشی‌سازی بر حسب نیاز صنایع (مثال: استفاده در دستگاه‌های خشک کن لباس)	SyncMOF	DehumOF

پیوست ۳- جدول MOF‌های مورد بررسی در این گزارش

ردیف	MOF‌های تیم فناوری	محصولات مشابه	ساختار	شرکت
۱	MIL-۱۰۱ (Fe)	NH ₂ - MIL-۱۰۱ (Fe) MIL-۱۰۱ (Fe)	MIL	Chemsoon
۲	MIL-۱۰۱ (Cr)	MIL-۱۰۱ (Cr)		- Nanoshel - Nano Research Elements - Chemsoon - NovoMOF AG
		NO ₂ -MIL-۱۰۱ (Cr) SO ₃ H-MIL-۱۰۱ (Cr) NH ₂ -MIL-۱۰۱ (Cr) ED-MIL-۱۰۱ (Cr) F-Free-MIL-۱۰۱ (Cr)		Chemsoon
۳	MOF-۸۰۱	MOF-۸۰۱	UiO	- Water Harvesting - Chemsoon
		MOF-۸۰۱-P		Nanoshel
		MOF-GS-۸۰۱	IRMOF	Green Science Alliance
۴	MOF-۸۰۸	MOF-۸۰۸	-	Chemsoon
۵	MOF-۳۰۳	MOF-۳۰۳	UiO	Water Harvesting
		MOF-۳۰۳-Al	-	Chemsoon
۶	ZIF-۸	ZIF-۸	ZIF	- ACSYNAM - NovoMOF AG - Chemsoon - Strem Chemicals - Nanoshel - Fuji Pigment - Promethean Particles - Mof Technologies - BASF
		MOF-GS-ZIF-۸		Green Science Alliance
		Zn-ZIF-۸		Nano Research Elements
۷	Uio-۶۶	Uio-۶۶	UiO	- ACSYNAM - NovoMOF AG - Chemsoon - Strem Chemicals - Inmondo Tech - Green Science Alliance

ردیف	MOF های تیم فناوری	محصولات مشابه	ساختار	شرکت
		Uio-66-Zr		MOFapps
		- Uio-66-BDC - Uio-66-NH₂-BDC - Uio-66-ADC - Uio-66-FA - Uio-66-COOH-BDC - Uio-66/Uio-67-BDC		ProfMOF
		- FA-66-UiO (Zirconium (tran1,2ethylenedicarboxylic acid - FA-66-UiO (Zirconium Fumarate MOF) - Uio-66-COOH-BDC - Uio-66/Uio-67-BDC - Uio-66-NH₂-BDC		Strem Chemicals
		- Uio-66-DMSA - Uio-66-SH - Uio-66-(COOH)_n - Uio-66-MSA - Uio-66-F₄ - Uio-66-SO₃H		Chemsoon
۸	HKUST-۱	(Cu) HKUST-۱ - monolithic HKUST-۱ - HKUST-1, Cu -BTC, - MOF۱۹۹ - Cu₃(BTC)₂	-	- BASF - Mof Technologies - Promethean Particles - Immaterial labs - Nanoshel - Strem Chemicals - Nano Research Elements - Chemsoon - NovoMOF AG - ACSYNAM